

又は石灰を加へて酸を中和する必要がある。斯の如く處理したコールタールと亞麻仁油とを高温で混合した溶液中へ鐵材を浸す方法が Angus Smith 氏の patent である。即ち鐵材を十分に清淨にして亞麻仁油を塗布してから焼き付けて、高温のまま混合液中に浸すのである。而して鐵材が未だ加熱せられてゐる内に引き出せば塗料は焼き付けせられて堅く密着せられる。瀝青と亞麻仁油又は礦物油の混合物も亦この代用となる。この方法は Smith 氏以來あまり改良せられなかつたが、Sabin⁽¹⁾氏は之に改良を施して次の如くした。即ち瀝青と亞麻仁油とを混合して之を 150°C に加熱し、この中に清淨にした鐵材を浸してから引き上げ、餘分の液を流し去つて 150°C に約 2 時間蒸中で焼きつけると堅く弾性のある被膜が出来る。この弾性は瀝青と亞麻仁油の混合量を變へて適宜にする事が出来る。この方法は米國に於て盛に行はれ土中に埋める鐵管に施されてゐる。

次に保護被膜を強くするため織物を應用する方法がある。これは先づ鐵管を清淨にして乾燥し、之を高温に於ける瀝青の中に浸し餘分なものを流して冷却し、之に高温瀝青をもつて充分に飽和せしめた織物を巻きつけると丈夫な強靱性のある被膜が出来る。これは水道鐵管の如き土壤中に埋めるものに施される方法で、埋没し使用せられる迄に極めて荒々しく取扱はれるものであるから、他の被膜を施せるものでは直ちに破壊せられる恐れがあるので上記の如き方法を行つてゐるのである。

Wood⁽²⁾ 氏の方法はコールタールを中性となしたものに 20~25% の石灰を混じて高温で等量の portland cement に混合する。之を高温のまま清淨な乾燥せる鐵材に塗布し冷却して更に數回塗布する。最後に乾燥せるセメントを掃ひ落す。この被膜は瓦斯や濕氣を通さず又固體成分によつて接合したものであるから、60°C 以下の溫度位で塗料が流れたり軟くなる事がないので、溫度が著しく變化する處又は腐蝕し易い空氣中などで使用せられる鐵材にこの方法を應用してゐる。

是等の瀝青性の被膜は自然産又は人工の何れの瀝青をもつてしても極めて有効なものではあるが、太陽に曝されるとか又は一般の大氣中に於て兩者共に變化する。即ち水又は

(1) The Technology of Paint and Varnish.

(2) Corrosion and Electrolysis of Iron and Steel.

光⁽¹⁾によつて變化をうけ保護能力を減退する恐があるから、使用場所は太陽の光線をうけない所に適する被膜である。この瀝青の分解は水分の吸収作用、酸化作用、水素の一部が除去されるため、これらの反應は太陽の光線によつて促進せられる。随つてこの方法は前述の如く水道管、トンネル内の鐵材等に施行され又溫度の上昇が大でペンキなどは到底使用せられない所に應用せられる。茲に注意すべき事は普通のタールペンキ特に粗製のタールは常に濕氣を含み酸をも含有してゐる。特に木タールは酸性であるからそれのみでは腐蝕性のものである。水分をとり酸を中和しても之を純粹なものにするためには非常に費用のかゝるものであるから、始めから純良なものを使用する事が肝要である。Wood 氏の方法はタールを無害にする方法も經濟的で、太陽の光線によつても粘くなり難い最もよい方法と見らるべきものである。

§ 124. 漆、ワニス其他の塗料

(i) 漆塗り、漆の硬化せるものは空氣及び濕氣を透過せざるのみならず普通の溶剤によつても溶解しない。又よく酸及びアルカリ類の作用に耐へ、電氣の不導體であるから防錆絶縁塗料に使用せられる。普通生漆は灰白色乃至褐色の粘液で大氣中に曝露して、其表面は水分を失つて黒色になる。漆汁に顔料を混じて色漆を作る。後述の如く漆は鐵器の上塗り用で使用せられるも、下塗りには不適である事はその成分性質を知れば明である。漆は落樹科に屬する落葉喬木から採取するもので、生漆の成分はアルコールに可溶性の漆酸が 60~85% で、其他に可溶性のアラビヤゴム質のもの 3~6%、アルコール及び水に不溶性の蛋白質 2~3% 及び水が 10~30% である。又特に荏油類を混和したものもある。茲に漆酸とは次の成分よりなれるものである。

第 171 表

| 品 種 | 炭 素 | 酸 素 | 水 素 | 分 子 量 |
|------|-------|-------|------|-------|
| 普通漆酸 | 77.75 | 12.09 | 9.56 | 490 |
| 精製漆酸 | 78.25 | 12.15 | 9.60 | 509 |

(1) H. Abraham, Asphalt and Allied Substances.

生漆の大部分は無水アルコール、エーテル、二硫化炭素、ベンゾール、石油、クロロホルム等に溶解し、其アルコール溶液は酸性である。之は漆酸の存在するためである。この酸は芳香属化合物で、常温で 1.0025 位の比重と 20°C で 1.5335 の屈折指数をもつと云はれてゐる。この漆酸の溶液に硝酸鹽の水溶液例へば硝酸銀溶液を滴下すると暗黒色の漆酸銀を生じ、又醋酸鉛を加へると暗緑色の漆酸鉛を生ずる。漆酸中の蛋白質は空气中より酸素を吸収し、漆酸に與へて其硬化作用の媒介に與るものである。又漆酸に苛性加里液を加へると緑色乃至褐色となり、第二鹽化鐵液を滴下すると直ちに黒褐色となる。又アルコール溶液に水酸化バリウム液を加へれば緑色沈澱を生じ、鉛糖液によつて灰白色沈澱を生じ、更に臭素によつて赤色の臭素化合物を、又寒劑をもつて冷却した濃硝酸を滴下する時は速に硝化して黄色のニトロ化合物となる。漆汁は人體に漆カブレと稱する皮膚病を生ずものであるから常に密閉し、乾燥せる室内に杉製樽に入れて貯藏すべきである。

漆の硬化作用は漆汁を塗布して濕氣のある室内に放置すると數時間の後に硬化して透明な褐色の被膜を作る。若し陰室中に放置し乾燥し難い時は乾燥劑として鉛丹などを混入するが、生漆性中のアルコール不溶解性のものを混する。乾燥は鎌漆が最も速で、瀬濕漆が最も遅緩なものである。要するに濕氣と温度とによつて乾燥の程度を異にするが、温暖で濕氣が多ければ容易に乾燥する。又あまりに乾燥の度が速なものは色澤と透明度を減じ且つ皺を生ずる恐がある。通常は一晝夜にて乾燥するのが最も適度である。前述の如く漆汁の硬化作用は漆の主成分である漆酸の酸化作用に基くもので、一度之を 60°C 以上に加熱したものは乾燥性を失ふものであるが、蒸汽乾燥器中で 60°C に加熱すると 5、6 時間に十分硬化し、120°C 内外に加熱すると 2、3 時間で硬化する。この方法を施行すれば乾燥が速であつても色澤及び透明度を損せず且つ皺をも生ずる事なく、160°C 以上に於ては其一部は炭化して褐色乃至黒色を呈する。鐵器に漆を塗布するには焼付ける方法が行はれてゐる。之は鐵面に漆を塗布して點火し白煙を發生せしめ、其發生が終るまで焼き付けを續行するのである。その加熱が過烈であるために炭化して黒色となり氣密に固着する。

(ii) ワニス(假漆)塗り 樹脂類にアルコール、エーテル、油類等を加へて溶解せしめたもので、塗料として諸種の顔料を加へる。假漆用の溶劑には水に不溶解性の樹脂類を溶

解するのみならず塗布後は速に乾燥すべきものでなければならない。主要原料は樹脂でこの種類は極めて多數存在するが、一般に使用せられるものは琥珀ゴム、アニシ、コパール、マスチック、ダムマー、ラック、サンダラック等で、溶劑としてはその樹脂の種類によつて夫々異なるがゴム、アニシ、コパール等を溶解するには沸騰せる亞麻仁油を使用し、マスチック、ダムマー、普通の樹脂等にはテルペン油を、更にラック、サンダラック等には木精を混合せる無水アルコールを使用する。假漆は塗布後になるべく速に乾燥する事が必要で溶劑には乾燥の速なものを選ぶものである事は前述の通りであるが別に助乾劑(カハキ)として鉛丹、鉛糖、硫酸鉛等を加へる事がある。鉛糖は單に假漆を硬化するのみならず結合すると云はれてゐる。助乾劑は概して被膜の耐久性を害する恐れがある。假漆は上塗り用で物體の表面に一種の光澤を與へ、空氣又は濕氣に侵されない様に塗用するものである。又アルミニウム細粉を多量假漆に混じて之を鐵器に塗布しアルミニウム粉を密着せしむる方法はスチーム管其他のものに施行せられ、防錆裝飾を兼ねたものである。

(iii) Buchner 氏其他の防錆塗料

(イ) 樹脂、豚脂、蠟及びオリーブ油を混じて低温に於て熔融し攪拌しつゝ雲母の粉末を加へて火から移して松脂油を加へて充分に攪拌混和する。

樹脂 15, 豚脂 250, オリーブ油 130, 雲母粉末 500, 黄蠟 130, 松根油 130 瓦。

(ロ) アルカリ性の阿膠溶液と樹脂石鹼よりなる混合液を塗布して鐵面の氣孔又は破れ目を浸潤し、錆の侵入を防止する。この混合液の塗布面が乾燥した時に褐石と共に煮沸した亞麻仁油 3.00, テルペン油 2.25, ベンゾール 0.25, 亞鉛粉、炭酸石灰、酸化鉛又は過酸化滿俺 20.00 分を使用の際に混和して塗布する。時間を経過せるものは固化して塗布し得られない。しかもこの混合液の塗布は極めて薄くしなければならない。この方法を施行せるものは風雨に強く離脱し難い。A. Buchner 氏の patent である。

(ハ) 縦又は松油 25, 亞鉛 5, 石膏粉末 10, ストクホルムタール 5, 樹脂 10, 牛脂 35 分を捏ね合したものを塗布する。

(ニ) 鹽化クロム酸 1 或は過クロム酸、磷酸クロム等のものを亞麻仁油を鹽素で處理した油類、蠟、アスファルト、石油、鯨油、ホタル、パラフィン等の脂肪若しくは油の 25~30 分で處理して之にトルオール、二硫化炭素の如き稀釋劑 30~40 分を加へて蒸溜し、

最終に残留せる粘性性のものを鐵器に塗布すると直ちに化合して其表面は瓦斯、濕氣、海水等に侵される事がないと云はれてゐる。

(ホ) 下塗り用として鉄製造の際に生ずる熔滓を使用する。之を極めて細い暗褐色乃至灰褐色で比重 3.3 の粉末とし、金屬鐵を少しも含有せしめないものを作り、之を 6 ポンドと生亞麻仁油 1 ガロンとで塗料とする。但しこのものよりも暗色で光澤を帯びたものは防錆性がない。

(ヘ) 黄色血油鹽液中に浸すか又は之を塗布して鐵の青酸化合物を作つて空氣及び水の作用によつて充分に抵抗性の被膜を作る。この黄色血油鹽の溶液を作るには之を適宜の水に溶解して、之に亞麻仁油製の假漆とテルペン油又はベンゾール油を添加して充分に攪拌して濃厚なる溶液として塗布する。塗布後にはテルペン油とアルコールの蒸發とによつて假漆は鐵面に固着して鐵の青酸化合物を保護する。この方法は鐵を清淨せずともよく操作は極めて簡單である。

(ト) 樟腦 1 オンスを豚脂溶液 1 ポンドに溶解し、其滓を去つて之に良質の石墨を鐵色になるまで混和したものを塗布し、24 時間後に軟い麻布で摩擦する。この方法は短日月の防錆には効力のあるもので機械類に施行せられる。

(チ) コークス 15、閃亞鉛 30、ボンベイレッド 15 分を混合して之を煮沸せる亞麻仁油 40 分で捏ね合せるものである。鉛丹の如く流れる事なく、又鉛丹にも劣らず人身に無害なもので強酸、強アルカリにも相當に強く熱又は風雨にも比較的強いと云はれてゐる。ボンベイレッドの代りに辨柄でもよい。

(リ) 漆砥粉、醋酸アルミニウム、燒石膏、酸化鉛、雲母を混合したもので、平滑に密着し、瓦斯、電流等による腐蝕作用を防止し、龜裂や離脱を起す事がない。又氣候の寒暖又は濕氣の有無に拘はらず速に密着乾燥せられると云はれてゐる。

(ヌ) テルペン油とシエラツクとを混合して溶解せしめて火を去り 60°C 近くまで冷却せしめて、之を 2 分に對し 10 分のアルコールを加へ又別に朱砂 3 分を多量のアルコールで捏ね合せて糊状とし、前記の混合液中に加へて之を數分間湯槽上で熱し攪拌して均一の流動體とする。之を加熱した鐵器に刷毛で塗布する。磁石の赤色塗料として一般に使用せられてゐるものである。

§ 125. **ペンキ、假漆、エナメルの剝離劑とその方法** 苛性曹達液に鍍物油を混じて乳状となし、之に微細な鋸屑を混和して、更にソヂウムアルコール、亞硝酸エチルエーテル及び二鹽化ヒドリンを混和したもので、ペンキ假漆等を塗布せるものに塗布すると、其物體の生地を損傷腐蝕する事なく容易に剝離する事が出来る。

苛性曹達.....10、水.....100、鍍物油.....10、細末鋸屑.....10。

ナトリウム、アルコール.....3、亞硝酸エチルエーテル.....5、二鹽化ヒドリン.....2、エーテル.....5 分。

苛性曹達を水に溶解して鍍物油を加へ攪拌器に入れて混和して乳状とし、之に細い鋸屑を加へて尚よく攪拌して均一の粘質物に変化せる所で、後の他のものを加へる。

ペンキ及び假漆の古きものを除去する薬品は皆何れも苛性曹達を含有してゐるものであるが、之は人の皮膚等に強き腐蝕作用をなすもので使用は困難であるが、この苛性曹達中に鍍油を混入して乳状とするとペンキの溶解力を幾分増加し、且つ傷害を除去する事が出来る。この半鍍油をペンキ上に長く在留せしめるために鋸屑又は煉化粉、浮石鹼などを混入すると使用上便利な糊状となる。このものはペンキを除去する溶劑として最も有効であり、又耐久性のあるもので濕へるまいで之を使用すれば如何なる表面にも使用する事が出来る。即ち 20 瓦の苛性曹達 (98%) を取り之を水 100 立に溶解し、20 瓦の鍍油を混和して攪拌器を附した鍋に入れて全く乳状物となる迄之を攪拌し、次に攪拌しながら 20 瓦の鋸屑を加へて次に其全部をペンキ製造用の廻轉ロールの間に通じて全く均一質の混合物を作るのである。

第二十一章

金屬被膜を施す方法

金屬の保護被膜は之を二大別する事が出来る。即ち

電氣的陽性被膜 (Electro-positive coatings)

電氣的陰性被膜 (Electro-negative coatings)

鐵よりも電氣的に陰性の金屬をもつてその被膜を作る事は、鐵よりも陽性の金屬被膜を作る事に較べて、鐵の腐蝕を惹起せしめる危険が多く伴ふと云ふ事が問題となり、屢々議論せられた事柄である。若し金屬被膜が一部分でも破壊せられれば下面の鐵は曝露し、之が被膜金屬に對して陽性であるから益々腐蝕せられると云ふのである。しかれどもこの議論は帽の片面のみを見た説で、電氣的に陽性の金屬被膜を作つても之が一度部分的に破壊すれば下面の鐵は曝露する。この時鐵自身は腐蝕せられないとしても被膜なる金屬は腐蝕せられて益々鐵面を曝露するものであるから自然に鐵も腐蝕せられてゆく譯である。又鐵は電位列に於て高位にあるものであるから比較的電溶壓の大なるものである。随つて之を保護する金屬が一部分でも破壊すれば保護被膜の除去される速度は極めて激しいものと考へる事が出来る。故に陽性被膜にしても陰性被膜にしても、一度部分的に破壊せられれば下面の鐵が腐蝕せられる事は當然で單に時間の問題に過ぎない。

鐵に對して電氣的に陽性の金屬の一つとして亜鉛が最も多く使用せられてゐる。亜鉛はその價の安い事と容易に之が目的に應用する事が出来るからである。實際アルミニウムを除いては陽性保護被膜としての唯一の金屬である。之をもつて多孔質でなく氣密に少しも破目のない様に附着せしめた鐵は、空氣中に於て腐蝕せられずに保存せられる事は勿論であるが、又亜鉛の作用せられない總ての溶液中でも著しく強いものである。又一部分その被膜が破壊せられて鐵面が曝露しても、鐵よりも亜鉛が腐蝕せられ易い傾向をもつものであるから、鐵は暫時はそのまゝに腐蝕せられずにゐる。尤も上述の如く亜鉛が大部分腐蝕せられてしまへば、保護性を全く失ふ事は當然である。亜鉛の腐蝕は鐵と全く同様で、局部的の電流作用を生じ陽性金屬として比較的大なる電溶壓をもつてゐるために速に溶解して被膜は容易に除去せられる。之が亜鉛被膜の大缺點である。又屢々多孔質に又は一様に附着し難く、或は機械的に容易に破損せられ易き缺點をもつてゐる。多くの場合被膜に應用せらるべき亜鉛の純度は大體同じ位のもので得られるが、之に不純物が存在すれば亜鉛の腐蝕を促進する事は他の金屬の場合と同様である。

電氣的に陰性の金屬被膜としては錫、鉛及び銅である。是等の金屬の電溶壓は極めて小さいものであるから、空氣中に放置せられておいても腐蝕せられる事はない。又酸化によつて酸化物の被膜が出来却つて腐蝕を防止する。是等の金屬の被膜が一様に出来ておれば

電氣的に陽性の亜鉛被膜よりは永久性に富む譯である。一般に金屬被膜は靜的狀態に置かれてゐる場合は兎に角使用中に機械的の摩擦を受ける様な場合には永久性に貧しく、長期使用には堪へ難いものであるが、茲には金屬被膜の特質缺點及び陰陽兩性金屬被膜の優劣を記述する事が目的ではなく、現今防錆法の一つとして應用せられてゐる各種の金屬被膜及びその方法について記述するものである。

§ 126. 電氣的陽性被膜として亜鉛の保護被膜を施す方法 亜鉛被膜を施す方法には以下4種類の方法がある。即ち

- (i) 熔融亜鉛の中に浸す方法 (Hot-dip process or Galvanising.)
- (ii) 亜鉛粉末と酸化亜鉛とによつて亜鉛を擴散せしめる方法 (Sherardising process.)
- (iii) 電氣鍍金法 (Electrolytic process or Zinc plating.)
- (iv) 吹付法又はメタリコン法 (Spraying process or Schoop process.)

初の三つの方法は一般に廣く用ひられてゐるもので、各々その特有の點をもつてゐる。例へば被膜せらるべき材料が防水的即ち water tight でなければならぬ場合には第1法の hot-dipping によつて亜鉛を鍍着 (solder) する事がよく、この方法は簡單で早く相當な厚みの被膜を作る事が出来るが、時としては純粹な亜鉛としてつかず又一様に均一質につかぬ事がある。然るに第2法の sherardising によると、極めて均一質な被膜を作る事が出来るので、この方法は機械仕上げをした材料等に應用するのがよろしい。被膜は下面の鐵と合金を作るものであるから鍍金による被膜の如くむける事がない。又第3法の zinc plating は常溫に於て行ふ事が出来且つ純粹な亜鉛被膜を作る事が出来る。又最後の spraying の方法は既に出来上つた製品とか材料が甚しく大で上記三方法によつて之を取り扱ふ事が出来ない場合に應用する事が出来る。斯の如く是等の方法は夫々特點をもつと同時に又その缺點をも持つものであるから、材料個々の場合について如何なる方法を採用すべきか考慮しなければならない。

- (i) 熔融亜鉛の中に浸す方法 (Hot-dipping or Galvanising)

先づ材料を pickling 又は砂噴法によつて清淨にしてから之を鹽化アンモニウム又は鹽化亜鉛の熔劑 (flux) 中に浸す。其後之を熔融亜鉛の湯槽中に浸してから引き上げ、余分の

亜鉛を振り落してから更に擦り落す。実際にはこの flux を熔融亜鉛の表面に熔融しておく。斯くすれば材料は熔融亜鉛に浸る前この flux の層を通るので操作は簡単となる。同時に熔融亜鉛は之がためにその表面が酸化せられ難く、湯槽は清浄に純度も長く保持せられると云ふ多くの利益がある。斯の如くしてよい結果を得る事が出来るが、一方操作中に色々の困難も出てくる。即ち一般に使用せられてゐる亜鉛は市販のもので純度が異なるが、多くは錫、鉛、鐵及び屢々カドミウム等の不純物を含有してゐる。湯槽を數十回も使用してゐる間に亜鉛中の不純物の量は百分率にして増大してくる譯である。特に鐵の量は著しく増大する。之は鐵が熔融亜鉛によつて侵されるためで、被膜すべき鐵材及び鐵製の槽から入つてくるためである。この不純物としての鐵の量がある量に達すると亜鉛と鐵との合金が析出して槽底に蓄積する。このものを加熱せぬ様に槽中に時々鉛を加へてやると熔液は重くなり、この合金は表面に浮き上るから之を除去すればよい。斯くして湯槽の操作に起る困難を減少する事は出来るが、純粋な亜鉛被膜を作るためにはよろしくない。又被膜を平滑に且つ外觀をよくするために錫又はアルミニウムを加へる事があるが、之も亦純粋な亜鉛被膜を作るためにはよくない事である。又熔融亜鉛の表面に酸化金屬其他の不純物の層が出来被膜すべき材料をこの層を通して熔融亜鉛中に浸さねばならないために、是等の不純物が被膜に混合して均一的なものであつて氣密な被膜が出来ない。随つて保護性の弱いものが出来る。又この操作には鹽酸と鹽化亜鉛又は鹽化アンモニウムからなる flux が必要で、之が相當に高價になると同時に亜鉛被膜を施す際に材料に屢々その痕跡を残す事がある。之が痕跡でも存在すると亜鉛の離剝を促進せしめるものであるから、十分に注意を要する事は勿論であるが、又相當の經驗による手際を要する。實際 galvanising した製品の 10 中の 8, 9 はこの鹽化物が見られる。斯の如きものは上等なものとは云はれない。又この方法の缺點は操作を大規模にそして連続的に行はなければ經濟的にゆかぬ事である。屢々多量の亜鉛を費消し被膜には純粋なものが得られず多少の亜鉛鐵合金を含有する事がある。斯の如き場合は一般にこの合金の電溶壓が鐵又は不純物と接觸する際に純粋の亜鉛の電溶壓よりも大となり、腐蝕作用又は被膜の離剝は激しく起るであらうと考へられる。この亜鉛被膜の保護作用の能率は亜鉛が純粋である事、一様に密着して割目のない事及びその厚さによるものであるが、最後のものはあまり重要なものとは考へられない。亜鉛被膜

を施す種々な方法の比較成績はその被膜の純粋なるかどうか又被膜が完全なるや否やと云ふ事によつて判断せられる譯である。この方法の改良すべき所は有害にならない非腐蝕的な fluxes を見出す事と、熔融亜鉛を出来るだけ純粋に保つ方法を發見する事である。

扱てこの方法を施行する場合に材料が薄板、針金、鐵管及び鑄物其他有形物について夫々操作に工夫を要する。實際作業については著者はこの方面に經驗ある工學士田賀谷正義君に教示を仰いだ。以下之について略述しよう。

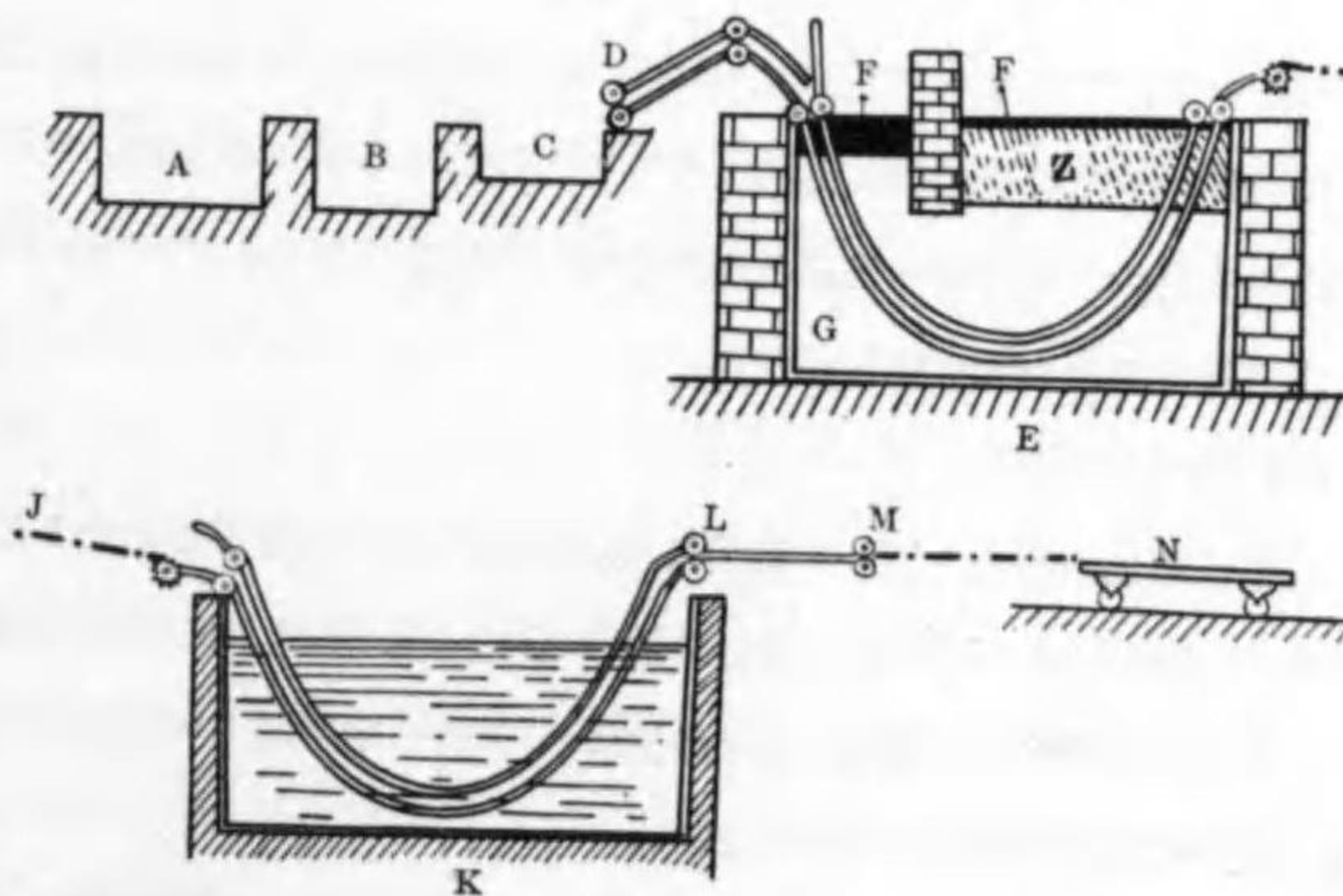
(a) 薄板鍍金法

薄板を水蒸氣を吹込んで約 70°C とした 10~15% 硫酸中に於て清浄する。洗淨タンクは木製で鉛板を張つてある。硫酸の代りに 2% の鹽酸を用ふることもある。洗淨作業は人力に依るものと機械力に依るものとがある。前者の場合は多數の薄板を縦にタンクに入れ木製の棒で板を前後に動かしながら液を攪拌する。後者の場合は oscillator によつて液を循環せしめ、又は mesta plunger を用ひ多數の板を同時にタンク内で上下に動かし錆を落す。洗淨時間は錆の多少によつて異なるが、普通 40 分位で終る。酸消費量は板の重量の 6~7% で、洗淨中の減量は 1.5% 位である。錆を除かれた薄板は清水を満したタンクに移され、酸、硫酸鐵等が洗ひ去られる。次に 0.5~1% の鹽酸を満した 3 個のタンクに持來たされ直ちに鍍金を行ふ。

第 107 圖

薄板の鍍金は普通機械力に依るもので第 107 圖はその装置の略圖である。

A, B, C は夫々硫酸、清水、稀鹽酸のタンクで、薄板は鹽酸タンク C より引上げられ



ムロール D で液を搾られたまゝ鐵製の格子ガイドに沿ふて鍍金釜 E を入る。F の部分は溶劑箱で鹽化アンモニウムに少量のグリセリンを加へ泡立たせてゐる。板はこの部分で十分に清浄せられ又水分を失ふ。次に熔融鉛 G の中を通り酸化されることなく適當の温度に熱せられ熔融亜鉛 Z の中に入り直ちに合金を造つて被覆を生じロールに於て過剰の亜鉛を拭ひ去られる。ロールから送り出される時側方から壓風を以て鹽化アンモニウムの粉末を吹付けて表面の酸化物を除き速に凝固せしめて美麗な結晶と光澤を與へる。次に水タンク K を通つて冷却され、ゴムロール L で水を切り、M のロールで癖を直されトラック N の上に送り出される。

鍍金作業で最も大切な事は熔融亜鉛の温度で、薄板(軟鋼)並にその製品、鋼管に對しては $470^{\circ}\sim 480^{\circ}\text{C}$ を適當とする。釘の如きものにも同じ温度がよい。鉄鑄物には 425°C を鍛鐵管、鍛鐵板、厚い可鍛鑄物には 450°C 位が適してゐる。

鍍金釜は不純物の少い軟鋼が最もよい。それは熔融亜鉛や溶劑による腐蝕を少くするためである。

全鍍金装置は 1 個のモーターで運轉されその速度は湯の温度取扱ふ板の厚さにより種々に調節出来る。本邦では 30 番 (0.0124 吋) 3 呎 \times 6 呎板で 30 呎/分位で、1 個の鍍金装置により一晝夜 5000~7000 枚を鍍金する。亜鉛の附着量は歐米では毎平方呎に 0.7~1.5 オンス位で、本邦では約 0.5 オンスである。随つてその厚さは 0.0008 吋位である。尙ほ熔融亜鉛中に、アルミニウム、錫、アンチモン等を少量 (1~0.5%) 加へてその流れをよくし、製品の光澤結晶の模様等を美麗にすることは前述の通りである。アルミニウムは製品に稍銀白色を與へ、錫は強い光澤と程よく整つた結晶模様を、アンチモンは黒味を帯びた深い光澤と牡丹雪狀の大きい結晶を與へる。

(b) 針金鍍金法

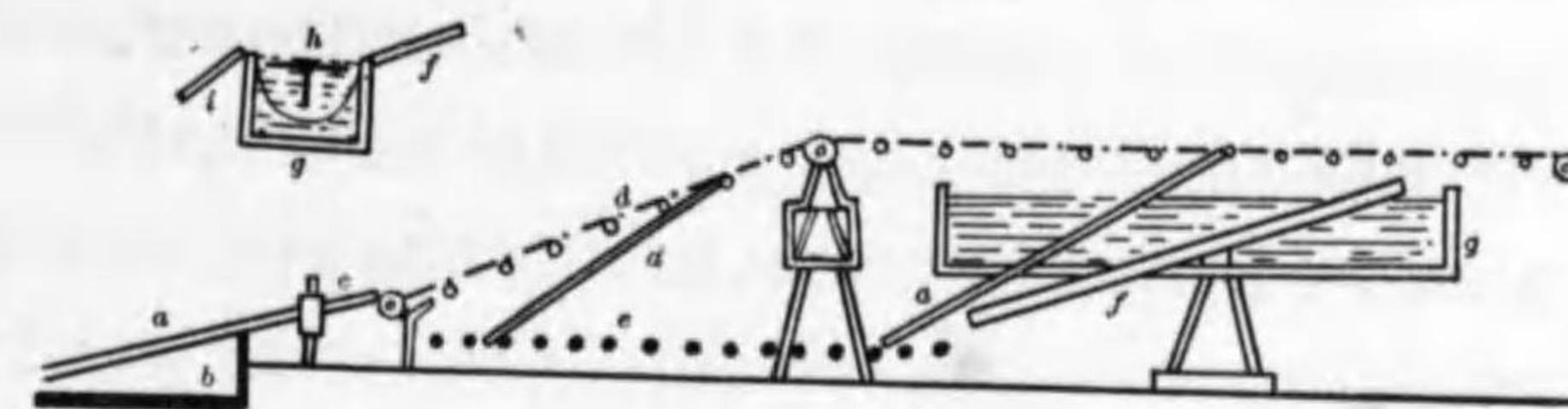
大體は薄板の場合と同一で唯異なる所は作業が連続的なることである。

12~30 條の針金が焼鈍爐を通じて約 1 分につき 200 呎の速度で同時に捲胴から引出され、爐を通過する間に赤熱せられ引續いて硫酸の中を通つて清浄せられ、熔融亜鉛中に入つて鍍金せられて捲胴に捲取られる。

(c) 鐵管鍍金法

第 108 圖はその装置の略圖である。

第 108 圖



鐵管 a の一端を亜鉛釜 b より引上げ c に依つて過剰の亜鉛を取り去り特種の鉄で endless chain d にその一端を取付ける。他端は格子 e に衝突しつゝ運ばれ、過剰の亜鉛は充分除かれる。鐵管の下端が格子 e の右端へ来た頃上部の鉄は自動的に開き、鐵管は斜面 f の上に落ち、同時に f は機械装置により水平となり水槽 g に向つて傾きを與へられ、鐵管を水槽中に落とし込む。冷却せられた鐵管は腕 h により引上げられ臺 i からトラックに移される。

(d) 鑄物その他有形物鍍金法

鑄物の表面に砂が附着せる故錆と同時にこれを除かなければならない。この目的には洗滌の化學的方法として、硫酸の熱溶液を數回振かけ又は弗化水素の稀溶液に浸して置く。機械的方法としては小物は砂礫又は鋼球と共に鐵製鼓胴に入れ適當の水を與へ廻轉しつゝ錆を除く。大物に對しては噴砂が最も適當で前者に比し作業も非常に迅速である。

次に鍍金を施すには清浄にせられたものを熔融亜鉛に入れる前に乾燥爐で乾燥する。次に熔融亜鉛の表面に鹽化アンモニウムを振かけ、その熔解するや少量のグリセリンを滴下し、品物の表面に酸化物の附着するのを防ぐ。十分に乾いた後で鉄で亜鉛中に落とし込み亜鉛と同温になるまで浸して置く。次に skimmer で溶劑を側方に押しやり新しい鹽化アンモニウムを少量撒き過剰の亜鉛を振落しつゝ徐々に引上げる。

(ii) 亜鉛を擴散せしめる方法 (Sherardising process)

1800 年 Sherard Cowper-Coles 氏によつて始めて發見せられた方法で、1908 年頃より hot-dipping の方法で處理する事の出来ないもの例へば種々の形をした鑄物、ネジ等の小物に盛に應用せられる様になつた。被膜せらるべき鐵材を清浄にして之を blue powder (亞

鉛製錬の副産物で35~45%の金屬亞鉛を含む酸化亞鉛の粉末)と一所に鼓胴に入れ、更に之を瓦斯爐中に入れて30分乃至數時間300°~420°Cに加熱しながら鼓胴を徐々に廻轉せしめる。適宜の時間後に爐中より鼓胴を取り出し、冷却後開いて試料を亞鉛粉より分ける。試料としては大規模のものは不可能である。この方法の特徴は全く均一的な被膜を作り得る事で、之が鐵面に合金となつて存在する。若し適宜にこの方法を施行すれば合金層の上面に更に純粹な亞鉛被膜が出来る。溫度は亞鉛の融點420°C以下で作業する事が出来るのでhot-dippingより遙に低温である。随つて亞鉛の多量が消費せられる事がない。それ故にこの方法はhot galvanisingよりも安價でしかも連続的でなく、時々に行ひうるものであるから遙に經濟的な方法と云へよう。又最も大なる缺點とする所は溫度又は亞鉛の量について十分に注意を拂つて調節しないと結果がまちまちで同様なものが得られ難い事である。この方法を施しても試料の容積は増さないと云はれてゐるから部分品はsherardizingの前に機械仕上げしておいてよい譯である。實際は僅かであるが容積は増大するものであるが、普通には無視せられてゐる。故に精密なる大さを要する場合にはこの方法を行ふ前に豫めネトリをつくつておく事が必要である。この方法によつて満足すべきよい品を作るには、溫度、金屬亞鉛粉の分量、時間等についての相對的影響について十分な知識を必要とする。被膜は上述の如く鐵と亞鉛との合金から出来てゐるものであるから、被膜のよし悪しは被膜中の鐵の分量によつて著しく影響せられる譯である。溫度又は金屬亞鉛粉の分量等の條件によつて異なる被膜中の鐵の含有量は、少い時に4%内外で、多い時には45~50%である。随つて被膜は時として4種類の異つた鐵亞鉛合金からなる事がある。この鐵の含有量は溫度によつて異なる事は勿論で、powder中の金屬亞鉛粉の量にもよる。このblue powder中の金屬亞鉛の量が18%である時に被膜中の鐵の含有量は22%であつた。然るに亞鉛粉が42%である時に被膜中の鐵は11%である。保護被膜の永續性(durability)は鐵の量が増加すると減少し、特に鐵の含有量が10~11%以上の時には必ず減少する。

Pollitt⁽¹⁾氏によると溫度と金屬亞鉛粉の含有量の影響を豫知する事は困難であらうと云

(1) The Causes and Prevention of Corrosion, (1923), Ernest Benn Limited, 147.

はれてゐる。その譯は鐵—亞鉛系について十分な研究が出来てゐないためである。この合金系に於ては Fe_3Zn , Fe_2Zn , $FeZn_7$, $FeZn_8$ 及び $FeZn_{10}$ なる多數の化合物が存在する事は多くの學者によつて決定せられた。但し最後の $FeZn_{10}$ は $FeZn_7$ に亞鉛の溶解した固溶體であるかどうか異つた意見があるが、一般に固溶體は均一組織で強靱性があるが、 $FeZn_{10}$ で表はされた合金は結晶組織を示して極めて脆いから化合物であらうと述べてゐる。しかしsherardizingして出来た被膜の合金を決定する事は困難であるが、脆い結晶質の合金が出来てゐる事は確である。そしてこの合金は冷却すると膨脹し崩壊する事が知れてゐるから最もよい被膜を得る條件を研究する必要があると云ふてゐる。然るに最近金屬材料研究所の村上博士は小川學士⁽¹⁾と共にこの鐵亞鉛系の合金を研究して金屬間の化合物は $FeZn_7$ と $FeZn_8$ の代りに Fe_3Zn_{10} の存在する事を確め、全系に亘つてその状態圖を確定した。故に之によつて溫度と金屬亞鉛粉の量とによるその影響は大體豫知する事が出来る譯である。ある人は溫度を高くすればするほど被膜中の鐵の含有量が増大すると云ふてゐるが、この事實は判然と證明せられたものではない。尤も或點までは多くの人の經驗する所である。一方亞鉛粉の量が多ければ多いほど形成せられる被膜合金中の鐵の量は少なくなる。同時に又溫度は益々低くする必要がある。十分に亞鉛粉が存在する時は、合金は一種類のみで亞鉛に富んだものが出来、その表面に純粹な亞鉛の被膜が出来る。この種の被膜は最もよく、空氣中に放置しておけば黒灰色に變じ遂に黒くなつて長期間に絶へるもので、鐵の分量は11~12%以下である。これより多量に存在する時は表面は直ちに赤色酸化鐵に蔽はれ、下面に滲透して保護被膜の用をなさない。亞鉛粉中に不純物として鐵が0.5%でも混入してゐると之が最も悪い影響を及ぼすもので、被膜を變色し、被膜中には6, 7倍即ち3~4%にもなるので鐵の全量を多量ならしめる。斯の如き亞鉛粉をもつて處理したものは濕氣にあへば直ちに赤色となり、重量の大なる赤色沈澱物を生じ、之が短時間に下面の鐵材に滲透する。

sherardizingによる被膜の生成に關する原理については種々の説が提出せられたが未だ十分に之を説明したものは無い。先づ始めに磁性酸化物を生じ、之が亞鉛粉によつて還元

(1) 村上博士、小川學士、金屬の研究 5 (1928), 1.

せられ亜鉛粉の一部は酸化亜鉛となり一部は鐵と合金すると云ふのである。この説は次の事實によつて首肯し難い。即ち磁性酸化物を作るに必要な酸素がなくとも、即ち真空中に於ても一層容易に sherardizing が行ひ得るからである。次に最も一般的に知れてゐる vapour theory がある。之は 300~420°C 邊に於ける亜鉛の蒸氣壓が亜鉛を鐵面に凝集し鐵と合金せしめると云ふのである。この蒸氣壓は 1 耗の $\frac{1}{10}$ よりも小であるから亜鉛が鐵面に凝集しても二つの金屬が合金する事は考へられない。被膜の出来る所は凝集せる亜鉛と鐵及び亜鉛粉の接觸せる所のみで材料の周圍で 1 吋の $\frac{1}{1000}$ の空隙があれば早 sherardizing を防止する事實も亦上記の説の適當ならざる事を示すものである。更に之を亜鉛の化學性質と基本的化學作用とに基因せしめた説がある。亜鉛は他の金屬と比較すると化學的に活性で週期表に於て亜鉛の屬せる第 II 屬 B 列のカドミウムと水銀も亦この性質をもつてゐる。水銀の化學的に活性なる事はよく人の知る所で、亜鉛は水銀に次ぐ活性を有するものである。週期表の位置より考へても亜鉛とカドミウムは類似し水銀にも類似するが、水銀ほど活性でない事は容易に豫知し得る事柄である。水銀は常溫に於て多くの金屬と合金するが、亜鉛は常溫に於て合金しない金屬はたゞ金一つである。カドミウムは常溫に於て合金を作らない。随つて sherardizing に於て亜鉛の極めて小さな蒸氣壓も影響のない事はないが、主なるものは亜鉛に特有な化學的の活性が大なる因子となるものであらう。特に接觸反應を考へる時に於てもそうである。一般に物質が細粉になればなるほど益々活性となり、特に金屬に於て著しい性質である。例へば細粉したアルミニウム又は鉛の如きものがその例である。亜鉛も細粉すればするほど粉末亜鉛と材料との接觸は益々氣密になる。随つて化學反應は容易に起り易くなる。實際亜鉛粉が大であればあるほど sherardizing は困難となる。故に被膜の生成は亜鉛の化學的に活性である事に基因し、之が細粉の状態に接觸が氣密になれば益々容易に促進されると考へて差支へなからうと云ふのである。擴散も亦被膜の成生に著しく影響を及ぼすもので合金の滲透量を決定するものである。若し亜鉛が他の金屬と化合物を作る事が考へられなければ sherardizing に於て亜鉛の融點以下で亜鉛と鐵との間に起る反應を想像する事は容易でない。

sherardizing による事實を簡単に纏れば次の如くである。

(イ) 生成被膜は之を適當に行へば亜鉛被膜をもつた單一合金からなるものである。

- (ロ) 保護性のよくない被膜は鐵に富みその組織は複雑である。
- (ハ) 被膜合金の性質は未だ十分に知れてゐない。
- (ニ) 被膜合金中の鐵の含有量は實驗溫度と亜鉛粉の純度とによる。
- (ホ) 亜鉛粉が十分に純粋なものなれば成生被膜は最も耐久性な保護作用をする。
- (ヘ) 實驗溫度は出来るだけ低い方がよしい。
- (ト) 相當によく作られた被膜は空氣中の腐蝕に對して極めて強い抵抗性をもつ。
- (チ) 被膜の成生は鐵と細粉した化學的に活性の亜鉛との接觸作用の結果であると云ふ事が出来る。

次にその作業の一例を挙げれば目的物(多くは小鑄物)を苛性ソーダ溶液(38 lbs NaOH: 100 gallons 水, 60°~80°C, 10 分)で脂肪を除き水(70°~90°C)で洗ひ、弗化水素(5% HF, 60°~80°C)に浸し、水洗し、石灰乳(20 lbs 消石灰: 100 gallons 水)で中和し水洗して空氣中で乾燥する。鋼のボルトナット等も同様に清淨せられる。唯弗化水素の代りに硫酸を用ふるだけである。加熱する鼓胴は $\frac{1}{4}$ 吋の鐵板で作られ、長さ 60 吋、直徑 18 吋で 1 噸の裝入物を容れ得る。數個の鼓胴が同時に 1 個の反射爐で加熱される。裝入物は鐵 100 lbs に對し blue powder 3~5 lbs とし 380°~420°C に 3 時間或はそれ以上加熱する。鼓胴を爐から引出し 10~20 時間を要して 100°C に冷却し、鋼の上に開け粉末を分離する。

被覆の厚さは 0.0025 吋~0.005 吋で随つて亜鉛の附着量は每平方呎につき 0.85~1.1 オンスである。

(iii) 亜鉛の電氣鍍金 (Electro-plating)

この方法は上記の hot-dipping と後述の vapour deposition の方法に較べて二つの斷然優秀なる特點をもつてゐる。即ち (1) 常溫に於て施行し得る事 (2) 成生被膜は純粹なる亜鉛からなる事。亜鉛の電氣鍍金が工業上満足し得べき結果が得られる様になつた事は比較的近年の事で、各方面に應用せられる様になつた事も最近である。各種の金屬の電氣鍍金に於けると同様に亜鉛の場合にもその電解溶液は種々のものがあると同時に又電流密度、電壓等電氣的の條件についても種々の事實が提唱せられてゐる。しかれどもこの電氣鍍金は簡単に誰人が行つても出来るものでなく、十分に抵抗性の強い亜鉛被膜を作る事は随分困難である。たゞ經驗ある熟練家のみが之をよく調節して平滑な多孔質でない被膜を作

り、思ふ存分の重量をつける事が出来る。又十分に注意を拂はなければ材料の特別な部分にのみ多く亜鉛が沈澱して表面の凹部は單に薄い亜鉛の被膜が出来るのみで一様に附着しない。又この方法の一大缺點は被膜が相當の厚さに達すると荒い結晶質な表面が出来易い事である。是等の缺點は皆亜鉛鍍金についての工業上の實驗的熟練と知識さへもてば容易に除去する事が出来るものであるから、是等については十分の研究と改良を施す余地が未だ存在する譯である。

亜鉛鍍金には弱酸性の硫酸亜鉛の溶液を使用する。例へば

| | | | |
|---------------------------------|-------|-------------|--------|
| 純粹なる硫酸亜鉛 (不純物として鐵を含まぬもの) | 200 瓦 | | |
| 硫酸曹達 | 40 瓦 | 鹽化亜鉛 | 10 瓦 |
| 硼酸 | 0.5 瓦 | 水 | 1000 瓦 |

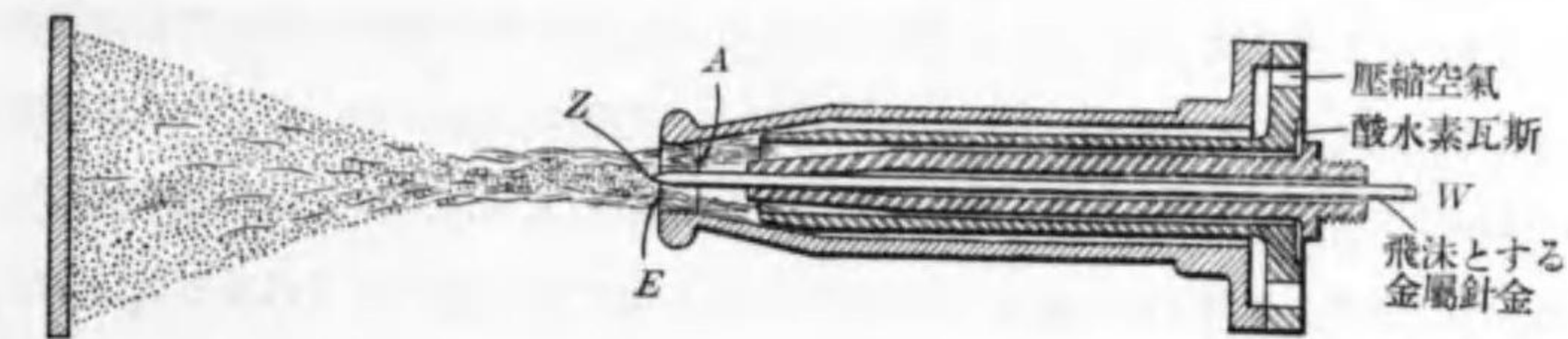
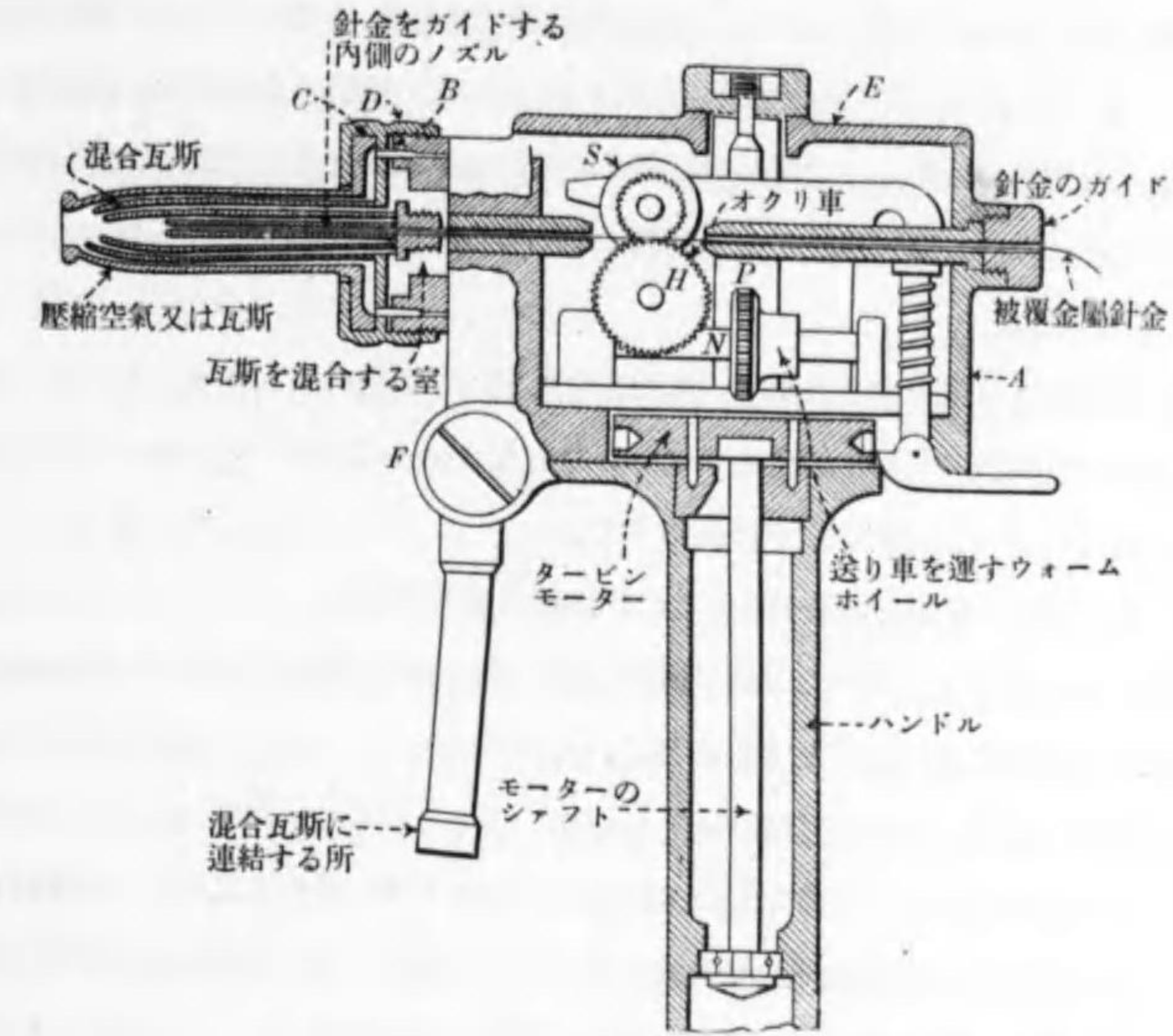
電流密度は 0.5~2 アンペアにすればよい。鍍金膜の厚さは 0.05 耗に達せしめる事が出来る。陽極には純粹な亜鉛を使用する。亜鉛はこの溶液によく溶解するものであるから其槽の酸性を變ずる事が無いのであるが、この電解に於ては陰極に水素を發生する故に槽は常に鹽基性となる傾向がある。斯の如き場合には析出物が海線状となるから槽中へ時々少量の硫酸を加へて常に弱酸性に保つ事をわすれてはならない。而して液は常に攪拌して各部その濃度を一樣にする。この槽の抵抗は極めて大なるものであるから通過電流は常に最短の距離をとる。故にもし鍍金すべき物體に凸凹がある時は其大部分は凸部に析離するものであるから槽は出来るだけ温めて 40~50°C とし、其抵抗を減少せしめる。特に陰極の形状が複雑なものには陽極は陰極と殆ど同形のものを作るとよい。

(iv) 吹付又はメタリコン法 (Schoop process or spraying)

鍍金さるべき鐵を噴砂にて錆を除いて温め置き、その表面に熔融亜鉛を壓力に依つて微細な霧として吹附ける。吹附装置 (ピストル) 寫眞 No. 21 と第 109 圖は噴出口と把手を有する $\frac{1}{2}$ 吋の立方形の箱でその中に亜鉛の針金が送り込まれる。ピストルの重量は $3\frac{1}{2}$ lb である。壓搾された酸水素瓦斯と空氣は管によつて夫々噴出口の中に設けられた同心管に導き込まれる。

ピストルの箱の中には壓搾空氣で動かされる亜鉛線送り装置があつて 1 分に 12 呎の速度で噴出口の中心から送出される。酸水素焰によつて亜鉛を溶解し、中心の管から出る

第 109 圖



壓搾空氣によつて細分され、1 秒につき 3000 呎の速度で吹出される。目的物は噴出口から 5~6吋の距離に置かれてゐる。吹出された金屬は壓搾空氣の膨脹のため充分冷却され一瞬手を以つて遮ることが出来る位で、紙布等にも鍍金することが出来る。随つて次の如きことが想像される。即ち金屬の細粉が高速度で硬い面に衝突し瞬間的に發生する熱のため氣化し次いで凝固して地の金屬に浸入するものである。

被覆された亜鉛の比重はピストルからの距離と共に減少し、3.15 吋の距離に置く時は

6.825 (熔融亜鉛の比重 6.922) 16.54 吋で 5.903 である。

亜鉛線は径 0.04 吋位のものを用ひ、酸水素瓦斯の壓力は 15 lbs 位で、1 平方呎の被覆を施すに 30 秒を要し、その厚さは約 0.0015 吋である。被膜は多孔質で、高價な方法であるから他の方法に比較して大規模の材料に容易に施す事が出来ると云ふ特點以外には特記すべきものはない。亜鉛以外の低融金屬についても同様に行ふ事が出来る。

(v) 氣體鍍金法

亜鉛の氣體により鍍金する方法で、密閉された室内で亜鉛を熱して氣化せしめ、その中に設けられた金網製の鼓胴に鍍金さるべきものを入れ徐々に廻轉する方法で、この際亜鉛の酸化を防ぐため水素瓦斯を室中に供給する。

(vi) 亜鉛被膜試験法と亜鉛引器物並に保護亜鉛使用の注意

被膜は一樣の厚さで連続的で亜鉛の純度も高く地に固く密着してゐることが必要である。被膜の試験法には次の様な方法がある。

(a) 硫酸銅試験法 (Preece 試験法)

亜鉛鍍金せるものを 18°C の硫酸銅飽和溶液 (比重 1.186 酸化第二銅にて遊離酸を中和す) に 1 分間浸し引上げて水洗し液を拭ひ取つて再び液に浸す。表面に銅の赤色沈澱を生ずるまで同一操作を繰返し、その回数を以つて被覆の優劣を表す。

この方法は被覆の最も薄い部分の厚さを知るのみで亜鉛の附着量を知ることが出来ない。又その温度を一定に保つ必要がある。尚ほこの方法は sherardize したものに不適當で、又硫酸銅は熱鍍金した亜鉛と電鍍した亜鉛とは同一に作用しない。同じ熱鍍金したもので湯の温度、冷却速度によつて不規則な結果が出て充分信用するに足らない方法である。

(b) 醋酸鉛試験法

硫酸銅法の缺點を救ふため考案された方法で、醋酸鉛溶液に試験すべきものを入れ亜鉛及び亜鉛鐵合金を鉛と置換せしめて除き去り減量を測る。かくして得た被膜の重量を被覆を除いた試料の目方で割つた百分率で結果を表す。この溶液は 3 lbs の市販醋酸を 1 gallon の水に溶し 1 oz (オンス) の密陀僧を加へ上澄液を使用する。

(c) 苛性曹達試験法

亜鉛被覆の不連続點を知る方法で 100°C に熱した苛性曹達濃溶液中に試料を吊す。被覆に割目小孔等ある時はその箇所から水素を發生する。

Sherardize せるものゝ試験法

sherardizing で作られた被覆は他の方法による被覆とその性質を異にし、上記の方法では満足の結果が得られない。これに用ひられる方法には

(d) 電解試験法

sherardize した被覆を硝酸溶液中で電解によつて除き去り、通過した電流の 1 分間のアンペアを以つて被覆の重量を表す。

(e) Salt spray 試験法

亜鉛被覆の耐蝕度を知る最も有効な方法で、sherardize した試料を銅張した箱に入れ置き、その中に 2.5% の食鹽水を壓搾空氣で霧として吹附ける。この際試料を直接噴霧の通路に置かぬ様注意を要する。時々試料の状態を視察し記録して置く。被覆が薄く悪い時は 2~3 時間乃至 24 時間で錆を生ずるが、相等厚く好い時は 2~3 日乃至 1 週間位耐へ得る。

最後に一般亜鉛被覆について述べると、亜鉛は酸又は鹽基には極めて侵され易く、しかも可溶性の亜鉛化合物は生物に對して有毒であるから亜鉛引きせる材料は料理道具其他人體に觸れる器具等に使用してはならない。然るに亜鉛引きせるものを貯水槽に使用してゐるが之については上記の理由によつて大なる反對がある。實際或種の水には酸類、鹽化物及び硝酸鹽が溶解してゐるために容易に亜鉛を侵すものであるが、又或種の水には全然斯の如きものが溶解してゐない故に亜鉛を侵す事がない。随つて亜鉛引きせるものが貯水槽として使用し得るや否やは寧ろその水質によつて決定せらるべき問題であるから一般的に之を決定する譯にはゆかない。前述の如く亜鉛引きせるものは、その一部分が剝落しても亜鉛が共存してゐる限り鐵の腐蝕を防止する點は最もよい譯であるが、亜鉛は錫よりも侵され易いから、桶とが屋根板に用ひた場合に錫引きと何れが耐久であるか之を判斷する事は困難である。實際錫力の方がよい場合が多々ある。亜鉛引きのものに於ては白色の鹽基性炭酸亜鉛となつて侵され易い。亜鉛鍍金をせずに亜鉛板又は亜鉛棒を鐵器と連結して使用すれば鍍金せる場合の如くにはゆかぬともその局部的電流作用によつて鐵鋼の防錆を

行ふ事が出来る譯である。この事實は亞鉛ばかりでなく鐵よりも電氣的に陽性の金屬即ちイオン化傾向の大なる金屬で、その水酸化物の溶解度の大なるものなれば如何な金屬でもよい。實際上記の見地によつて種々の實驗が行はれ、それらの結果によると大體豫想の如くであつた。鋼鐵船について試験せる結果によると、船體の大なるために亞鉛と連結しても満足な結果は得られてはゐないが、錆の附着してゐない鐵板に對しては有効に作用する。しかれども錆の附着せるものではよろしくない。しかも亞鉛を連結する方法は淡水に於けるよりも鹽類溶液に於ける方が一層有効である。之は淡水に於ては水酸化亞鉛が金屬亞鉛の表面に附着して包むため亞鉛の作用が防止せられるからである。汽罐内に亞鉛を吊して汽罐の腐蝕する事を防止する事が出来る事は本編の初に既述した通りである。特に汽罐用の水中に酸類或は硝酸鹽が溶解してゐる場合はこの方法によつて少くとも罐内の痘痕的腐蝕を防止する事が出来る。但しこの目的に使用する亞鉛は出来るだけ純粋なものでなければ却つて腐蝕を促進する恐れがある。又亞鉛を吊す代りに亞鉛粉末を加へた防錆塗料が廣く船舶に使用せられてゐる。同様な理由によつてアルミニウムを混入した塗料も鐵鋼材料に使用せられて良好な結果が得られてゐると云はれて居る。

§ 127. アルミニウム被膜を施す方法 (Calorizing) calorizing を施す目的は金屬が高温に於て酸化せられ破壊する事を防止するためであつた。電解質の水溶液中に於ける腐蝕を防止するために施されるものではなかつたのであるが、材料の保護被膜となるアルミニウムが空氣中又は鹽類溶液中に於て抵抗性が大である所から防錆の目的にもなる譯である。この方法は現在に於て高温に於ける酸化防止に成功せる方法の唯一のものである。1911年に Van Aller⁽¹⁾氏によつて紹介せられたもので、米國の General Electric Company で改良せられ patent となつてゐる。鐵鋼のみならず銅、眞鍮其他の金屬を高温に於て使用する際に之を保護するための優秀なる經濟的方法である。この方法が紹介せられたのは最近であるが、その用途は始めは電氣加熱器等に應用せられのみであつたが之のみならず鐵鋼製 retort, 燒鈍箱、爐の一部、高溫度計につなぐ熱電對の保護管、condenser tube, oil-cracking stills, gas や oil の engine の valve, oil burner, kilns, muffles 等熱によつ

(1) Chemical Age, 7 (1922), 163.

て破損せられる所に應用せられる。

この方法は sherardizing によく類似したもので、亞鉛粉と酸化亞鉛の混合したものを使用する代りに、レトルト中で試料を細粉したアルミニウムとアルミナの混合物でつきみ、減壓のもとで加熱するのである。レトルト中で加熱の間水素瓦斯を通ずる。試料は豫めよく清淨にして油脂等を十分に取り去つておく。加熱温度は 870°~900°C にすると鐵とアルミニウムとは鐵の表面に合金を作る。この合金層の厚みは操作の時間によつて調節する事が出来る。即ち 1 時の 1000 分の 2~3 位より鐵を全部合金にするまで適宜にする事が出来る譯である。單に高温におかれる場合には極めて薄い層でもよいが、若し機械的磨耗等の起る場合には合金層を十分に厚くしておかなければならない。アルミニウムは鐵中に固溶體として溶けこみ、アルミニウム又はアルミナの層がその表面に出来るために鐵の酸化を防止する。外面にアルミナを生ずる場合にはそのすぐ下の面には純アルミニウムの層を、又其下にアルミニウムと鐵の合金層が出来る。更にその下に材料である鐵が存在する譯である。この合金は極めて堅く、若し外面のアルミナの被膜が去除せられ又は破壊せられた場合には下面のアルミニウムが直ちに酸化せられて前同様アルミナ被膜を構成する。随つて磨耗によつて合金層が全部消失せられるまでは保護作用は繼續する譯である。斯の如く鐵に calorizing を施したものと施さぬものとを 820°C 邊に 5 時間保持するとこの方法を施さないものは著しく scale を生じてゐるに反して前者は少しも損傷せられない、又 calorizing をしたものは 900°C に於ては殆ど永久にその原形を保ち 900~1000°C に於て之を施さないものに比して 5~12 倍、又 1000~1100°C の間に於ては 2~5 倍も長く使用する事が出来ると云はれてゐる。普通のまゝのものは 600°C に於て著しく酸化せられ、800°C に於て急激に損傷せられる。爐中にある瓦斯中には一般に炭酸瓦斯又は亞硫酸瓦斯が多量に含有せられてゐるから、高温に於ては鐵に對して激しく作用する。然るに calorizing を施したのものには作用しない。この方法は鐵鋼のみならず銅、ニッケル、眞鍮、モネルメタル等に施す事が出来延伸、鍛鍊、壓延等をなしたのも、鑄造のまゝのものより容易に行ふ事が出来る。又鑄鐵に於ては灰鉄よりも白鉄に行ひ易い。このものは判然と見られる様な被膜を作るものではないが、彎曲等形を變へる場合には calorizing を施す以前に加工する方がよい。しかしそれが不可能な場合には calorizing した試料を赤熱して行へばよい。

ネチをきざむ如き場合には先に行はなければならない事は勿論である。一般にこの方法を施した試料が完全に目的を達するや否やと云ふ事は、その試料の上のアルミナの被膜又はその下面のアルミニウムの被膜が完全に保たれるかどうかによつて決定されるものである。随つて、切斷、リベットを打ちこむ事、孔をあける事、機械仕上げ等は皆 calorizing を施したもに行つてはいけない。又普通のものより行ひ難いものである。鋸接は calorizing をしたのものには極めて困難である。之は鋸接せられる部分が高温となりアルミニウムが酸化せられてアルミナの被膜が常に生ずるからである。

この calorizing を施す目的は上述の如く決して腐蝕防止の目的ではなかつたのであるが、多くの場合屢々之が目的に極めて有効な事がある。鐵鋼へ施行したものは多くの腐蝕液に對してその抵抗性を増大するのみならず眞鍮又は銅に施行したものは海水又は或種の酸に對して極めて強い。condenser tube に使用して好結果を得た事や銅の電氣材料が之によつて空氣中に於て少しも腐蝕せられないと云ふ事が云はれてゐる。この方法の一大特徴と見られる所は極めて高價な耐熱合金の代りに安價に calorizing をした鐵鋼を使用する事が出来る點であらう。寫眞 No. 22~24 は calorizing したもので、No. 24 は之を施したものとせぬ鐵管を 1000°C に 50 時間保つた場合の結果を示したものである。この方法は本邦に於ては最近に一般的に知れ亙つたものであるから、各所に於て盛に應用し研究して改良すべき所をなほ一層研究すべきである。以下参考のため之について文献を掲げておく。

- Uyeno, S. "Coating iron with aluminium," *Gas World*, **58** (1913), 490, U. S. Patent 1,165,920 (1915).
- Allison, H. B. C. and Hawkins, L. A. "Calorizing; a protective treatment for metal," *Gen. Elec. Rev.*, **17** (1914), 947.
- Ruder, W. E. "Calorizing metals," *Trans. Amer. Electrochem. Soc.*, **27** (1915), 253; *Met. Chem. Eng.*, **13** (1915), 325.
- Ruder, W. E. "The protection of metals from oxidation at high temperatures," *Calorizing Corporation of America*, Detroit.
- Burger, G. F. "Calorizing process to prevent oxidation of steel," *Blast Fur. Steel Plt.*, **8** (1920), 190.
- Fisher, F., Schroder, H. and Zerbe, C. "The protection of heated iron by means of a thin

- coat of aluminium and a simple process for producing the coating," *Brennstoff Chem.*, **2** (1921), 343.
- Lange, V. "Metallic coating as a protection against rust; lead, tin, and, aluminium coatings," *Zeits. Metallk.*, **13** (1921), 267.
- Farr, A. V. "Calorizing as a protection for metals," *Iron Age*, **107** (1921), 251; *Raw Materials*, **4** (1921), 26; *Proc. Eng. Soc. W. Penn.*, **37** (1921), 331.
- Guillet, Leon, "The methods of protecting metals—calorizing," *Rev. Métal*, **18** (1921), 283.
- June, Robt, "Calorizing," *Met. Ind.*, **19** (1921), 336.
- Guillet, Leon, "Protection by aluminium," *Rev. Métal*, **19** (1922), 296.
- Howe, G. H. and Brophy, G. R. "Calorizing and calite," *Gen. Elec. Rev.*, **25** (1922), 267.
- Kurnakow, N. Urasow, G. and Grigorieff, A. "Alloys of iron with aluminium," *Zeits. anorg. Chem.*, **125** (1922), 207.
- Jarrett, B. L. "Success of calorizing in oil refining," *Oil Gas Journ.*, **21** (1922), 82.
- Farr, A. V. "Use of aluminium to prevent steel corrosion," *Chem. Met. Eng.*, **29** (1923), 1188; *Brass World*, **20** (1922), 242.
- Mantle, C. D. "The use of calorized parts in places subject to high temperatures," *Fuels Furnaces*, **1** (1923), 25.
- "Calorizing," *Met. Ind.*, **22** (1923), 368. (London)
- Mays, A. H. "Comparative advantage of calorizing oil still tubes," *Oil Gas Journ.*, **23** (1924), 96.
- Anderson, R. J. "Metallurgy of aluminium and aluminium alloys," (1925), 293. H. C. Baird & Co., New York.
- Cournot, J. "Summary of E. D. Martin's research on coating ferrous alloys with aluminium," *Rev. Métal*, **22** (1925), 139.
- Hopfelt, R. "Protective coatings for grate bars," *Zeits. Ver. deut. Ing.*, **69** (1925), 411.
- Kutscher, F. "Protection of iron parts at elevated temperatures by metal spraying," *Keram. Rdsch.*, **33** (1925), 55, *Korrosion u. Metallschutz*, **1** (1925), 59.
- Fry, A. "Heat-resistant metal objects," *Kruppsche Monatschafte*, **6** (1925), 27.
- Kayser, J. F. "Surface treatment of metals with aluminium," *Engineering* 119 Supplement (The Metallurgist), 34.
- Wilson, R. E. and Bahlke, W. H. "Special corrosion problems in oil refining," *Journ. Ind. Eng. Chem.*, **17** (1925), 355.
- Schoop, M. U. "Calorizing boiler fire bars (metal spraying)," *Umschau*, **29** (1925), 179.

Cournot, J. "Metallic cementation and the coating of ferrous alloys with aluminium," Rev. Métal, **23** (1926), 219; Compt. rend., **182** (1925), 696.

Guillet, L. "The cementation of copper and its alloys by aluminium," Compt. rend., **182** (1926), 1447.

Dix, E. H. "Alclad, a new corrosion-resistant product," Tech. Note, 259, National Advisory Committee for Aeronautics, Washington; Mining Met., **8** (1927), 359.

§ 128. 錫鍍金法

(A) 熔融錫を用ふる方法

洗淨は亜鉛鍍金の場合と同様で、錆を除くためには硫酸(3~5% 70°)を、鑄物の砂を取るためには硫酸(20%)を振りかけるか、5%の弗化水素に浸す。

又機械的方法としては砂礫と共に鼓胴に入れて廻轉し或は噴砂を用ひる。油脂は苛性曹達溶液を用ひて落す。

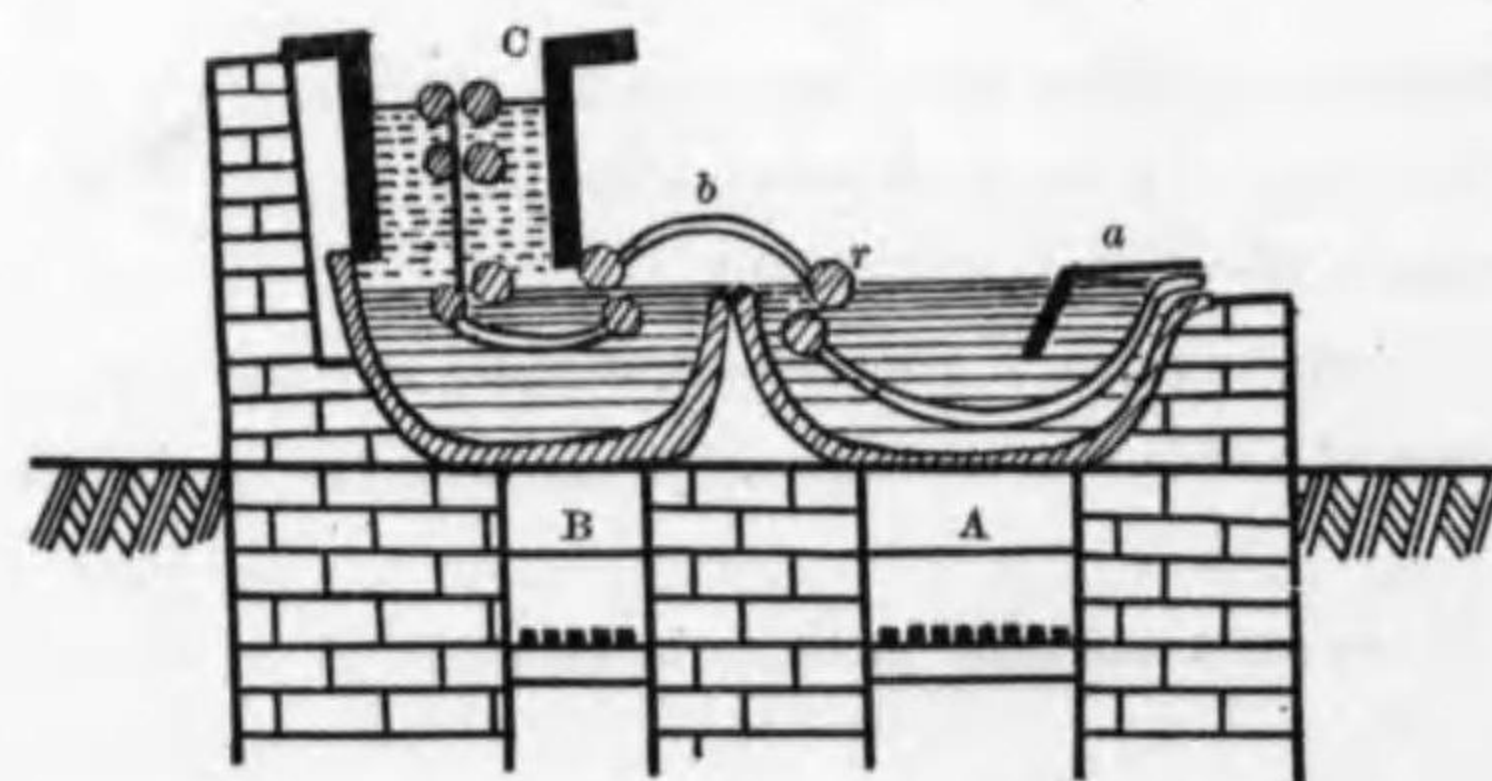
鑄物の鍍金法

完全に清淨されたものを1個又は數個針金にて挿り又は籠に入れアルカリ溶液に數分浸し、取出して清水タンクでアルカリを洗ひ去り、次に2~3分間鹽酸中に入れ表面に生じた錆の痕跡を除く。鍍金には普通2個の錫釜を用ひ目的物を鹽酸より引出し、乾かない内に第一の釜に入れ錫と同温度になるまで浸して置く。この釜の温度は260°Cに保ち適當な時期に skimmer で熔融錫面の熔劑、酸化物を排除しつゝ取出し第二の仕上釜に移す。仕上釜の温度は低く210°C位で目的物がこの釜に入りこの温度となるまで浸して置き、余分

の錫を充分振落しつゝ引上げ、ケロシンのタンクに入れ冷却しつゝよく振り、錫の塊等を生じない様にする。最後に水タンクに移して冷却する。

薄板鍍金法

第110圖はその装置の略圖である。



薄板は鹽化亞鉛又は鹽化アンモニウムを入れた熔劑箱 a より粗仕上釜 A (不純錫を含む) に入り導子ローラによつて仕上釜 B に入る。B の上部には四角形の函があり脂肪を満す。かくして作られる錫被覆の厚さは 0.003 耗 (0.0011 吋) 位である。

(B) 吹附鍍金法

その方法装置は亞鉛の場合と全く同じであるから省略する。唯錫はその熔融點が低い故に用ふる線の徑を太く 0.062 吋位とし、送り込みの速度も速く 1 分につき 25 呎で酸水素瓦斯の壓力も 13 lbs 位でよい。

§ 129. 電氣鍍金によつてニツケル、銅、クロム其他の金屬被膜を施す方法

(i) 電氣鍍金

電氣化學の應用の最も重要な化學工業の一つで古くより進歩發達せるものである。腐蝕易い金屬の表面に電氣力をもつて他の金屬被膜を成生せしめ、その表面の外觀を美しくし、空氣及び溶液による腐蝕を防止する目的で施行する。そして光學的、化學的及び機械的の性質を優良ならしめる方法である。この方法についての一般的の作業は鍍金せられる物體即ち鐵を陰極となし、電解溶液中に含有せられてゐる金屬と同一の純粹なるものを陽極となして電解を行ふ。この陽極は溶解性のもので陰極の表面に析離したものは常に陽極の溶解によつて補充せられ、其電解液の成分は常に同一濃度を保つものであるから離析して陰極を被覆せる金屬は美麗なものとなる。其際使用する電解槽は通常磁製器で、その上縁には小さな溝渠を作つて之に太い銅棒を横へて數本併行せしめ、交互に電流の回路の陰陽兩端に接続せしめる。故に電解槽内の陽極並に陰極はこの太い銅棒に懸垂して電解液中に挿入せられる。又大規模に行ふ時には木製の槽を使用し、其内面に鉛板を張つて銅棒は此鉛板から絶縁せられる。この槽の電壓は通常最高が 3.5 ボルトで電流は鍍金せられる物の表面の大きさによつて異なる。故に發電機は特別製の低壓高電流のものがよい。時として電壓を稍々高めるために數個の電解槽を併列せしめて使用する事があるが、斯の如き場合には一槽の電極を取換へるために全槽の電流を切らねばならない。随つて通常は直列の接続式にする事は此等の作業に於て最も不便である。上述の如く鍍金被膜は其地金の外觀を美麗ならしめ且つその表面の防錆被膜となすものであるから、其器物の使用中に鍍金膜が剝落してはならない、故に地金と鍍金膜とはよく密着しなければならない。この密着する力

は地金の質によつて強弱があるのみならず又電解液の成分並に電解時間、電圧、電流密度等によつて大に影響せられる。電気鍍金せらるべき物體は其表面が平滑で光澤をもつ金属面でなければならぬから、先づその物體試料を機械的作業によつて表面を平滑にする。特に鑄鐵器物はその表面が硬い鑄皮をもつものから、之を除去するために前述の方法又は鹽酸7%溶液に硫酸を加へたるものをもつて處理する。其後に金属製刷毛をかけ次に木板又は破布製の圓盤によつて磨きをかけてから油脂を十分に除去する。斯の如く準備したものを電解槽内に陰極として懸垂するのであるが、一般に被電鍍物はなるべく電流回路と接続した後に電解槽内に浸すのがよい。この事實は被電鍍物を電流不通のまま電解槽中に挿入して時間を經過すると、清浄になした金属表面を酸化して之に電鍍してもその被膜の結着が不十分となるからである。又作業中は決して電流を中斷してはならない。ニッケルの場合には電流が中斷せられたる時に其表面に酸化物を作り、更に之に電流を通すれば新に離析した薄層は最初に離析せる層に密着しないで剝落する恐がある。次に電流は物體の各部分均一的になす事が肝要である。然らざる時は被膜層に厚薄を生ずる。電流を各部分に均一に分配せんとするには其各部より陽極に向ふ最近距離を均一ならしめなければならない。故に陽極の面は少くとも陰極の面積と同一となし、又被電鍍物體の形狀が不規則なるか或は圓形なるときは陽極は出来るだけ小片のものを多數使用して、陰極の形狀に従つて配列しなければならない。特に花瓶茶碗の如く内部が空虚なものには其内部にも陽極を挿入し且つ時々其位置を變へるか或は機械的に之を動揺しなければならない。電鍍に要する時間は電鍍せらるべき金属の性質と被膜の厚薄によつて異なるものであるが、通常は短い時は數分間で長い時は數時間を要する。斯の如く長時間を要する場合には、陰極の周圍の液の濃度を一樣に保たしめるために陰極を動揺せしめる装置を用ひる。但しあまり激しく液を攪拌してはならない。之は槽底に沈澱せる陽極渣滓及び塵埃を浮遊せしめて液を混濁し、陰極の表面に點々と附着せしめて鍍金膜を粗雑にする恐があるからである。而して電解液中には電解の度を重ねるに従つて陽極の渣滓並に塵埃を増す故に、電解液は凡半年に一度位過濾して之を清浄にする必要がある。以上の如き注意を拂つて電鍍しても尙ほ其結果が良好であるとは限らない。これは電解液の性質並に其地金と鍍金膜との附着性の如何がその結果に著しく影響を及ぼすからである。一般に單純な金属鹽の溶液より離析した

ものは其被膜が結晶性で固着力が少い。然るに複鹽又は錯鹽の溶液より離析したものは粉狀で固着性が大である。又ある種の金属は常温に於ても合金を作る性質がある。例へば銅の如きは殆ど總ての金属と合金する性をもつてゐるから、之をもつて他の金属面を被覆すれば被膜と地金の間に合金を作つて附着力を大にする。又銅の表面に他の金属層を離析せしめても其間に合金を作るから其附着力は大である。然るにニッケルの如きものはこの合金力が乏しいために、他の金属面に直接にニッケル電鍍を施しても其附着力が極めて悪い。随つて通常は銅をもつて中間層となし、先づ地金の表面に銅電鍍を施し、然る後にニッケルを電鍍して其附着力を大ならしめる。而して銅は獨りニッケルのみならず銀、金の電鍍の中間層として廣く應用せられる。

電鍍物の被膜の厚さは其物體の使用の目的によつて異なる。通常その附着せしめた貴金属の量は其電流の強さと時間とによつて計算するもので、其被膜が一樣な場合に於ては1平方粉に1アンペア時の電流が附着せしめる厚さと其量は第172表の如くである。

第 172 表

| 金属元素 | 附着せし量 (瓦) | 附着金属比重 | 附着被膜の厚さ (μ) |
|------|--------------|--------|----------------|
| ニッケル | 1.096 | 8.8 | 0.0125 |
| 銅 | 1.181 | 8.9 | 0.0132 |
| 銀 | 4.026 | 10.5 | 0.0383 |
| 金 | 2.445 | 19.5 | 0.0127 |
| 亜鉛 | 1.220 | 7.1 | 0.0172 |

又電鍍作業中に被膜の重量を測定せんために天秤を使用する事もある。天秤皿の一方を被電鍍物にて換へて之を電鍍槽中に懸垂し、他の皿には被膜層と同一の重量を載せて電流を通ずる。天秤は其初めは不平均をなしてゐるが、次第に電鍍せられ遂に水平を保つに到る。この水平を保つた時自然に電流を切斷する様にしてある。電鍍が完了すれば其物體を取出してよく水洗をなし、次に之を熱湯中に投入して然る後に温めた鋸屑をもつて拭ひ其水分を除去する。又物體によつては電鍍後に之を研磨する必要がある。銀又はニッケルの場合には通常破布圓盤で磨き、精密な彫刻物などは瑠璃製の鑿様のものをもつて之を仕上げ光澤を附ける。

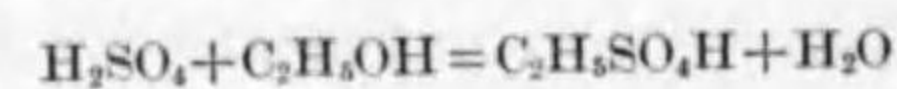
(ii) ニッケル鍍金

ニッケル鍍金は何れの地金を使用する時でも一度先に銅電鍍をして銅の中間層を作らなければならない。又ニッケル自身の表面に更にニッケル鍍金をする時に於てもこの中間層を必要とする。ニッケル電鍍には通常酸性の溶液を使用するが、その酸性は弱酸性でなければならない。之がために枸橼酸又は硼酸をもつて弱酸性となした次の如き硫酸ニッケルを使用する。

第1液として硫酸ニッケル 50 瓦を 500 瓦の水に溶解する。

第2液として枸橼酸 20 瓦を水に溶解して之に苛性曹達液を加へて殆ど之を中和する。その程度は青色リトマスが漸く赤變する位とする。斯の如く中和した液を 500 立方糎迄稀釋する。

この兩液を混合すれば直ちに電解に供する事が出来る。この際電解槽には 3 ボルトの電壓を與へ、1 平方粉につき 0.5~0.6 アンペアの電流密度とすれば美麗な光澤を有する被膜を成生する事が出来る。この電解槽を使用するに際して注意しなければならない事はその酸性度である。即ち全く中性となればその被膜は暗色となり、之に反して酸性が強きに過ぎる時はその被膜は剝落し易い。冷槽に於ては 0.01 耗以上の被膜を作り難く、厚い被膜を得んとするには之を 70~80°C に温めて使用しなければならない。尙被膜の厚きものを得んとすれば次の如き成分の溶液を使用する。即ち 50 瓦の強硫酸と 20 瓦のアルコールをよく混じて 1~2 時間温浴上で熱すれば次式の反應を起す。之を冷却して更に熱を發せざる様に 800 瓦の水を加へ之を 4 分する。

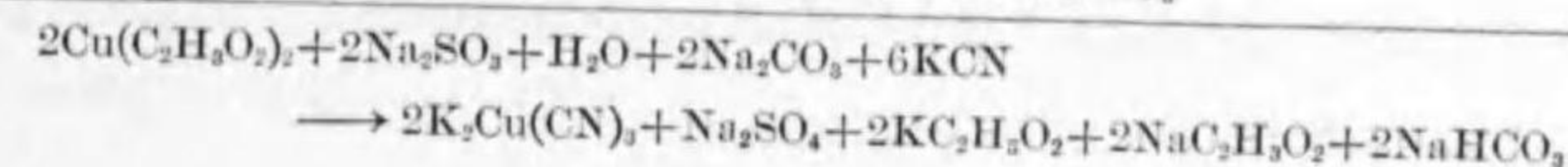
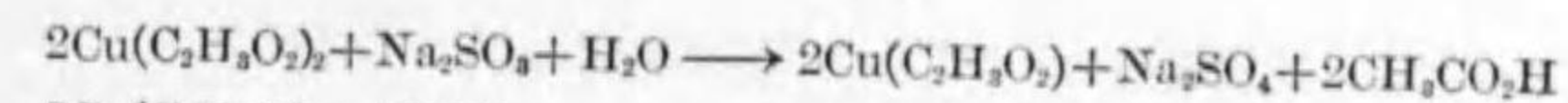


その $\frac{3}{4}$ は水酸化ニッケル若しくは炭酸ニッケルをもつて中和し、殘る $\frac{1}{4}$ をマグネシアで中和する。この兩者を混じて 1 立に稀釋して使用すれば毎平方粉につき 0.2~0.3 アンペアの電流密度をもつてよく厚き被膜を作る事が出来る。之はマグネシウムがニッケルと一所に沈澱するために厚く附着するのであらうと考へられる。總てニッケルの電鍍をなすに當つては、陰極の表面に於て常に水素瓦斯の發生する事をまぬかれない。而してこの水素の發生は電流能率を悪くする事は勿論又その酸性度を減ずるものであるから、其酸性を常に一定に保たなければならない。之がためには時々酸を補充すべきであるがニッケルの陽

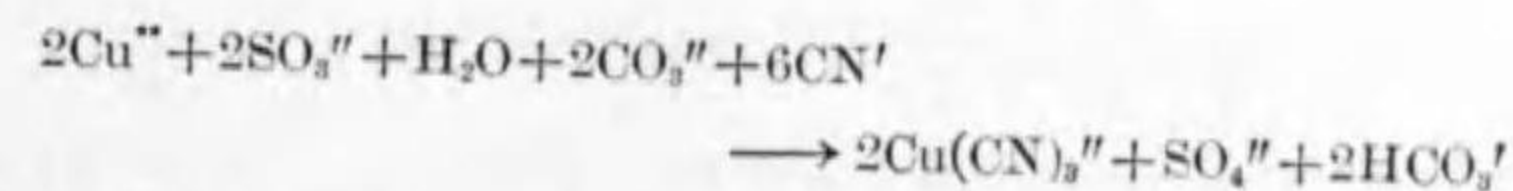
極は其溶解が徐々に往々酸素の一部を發生することがある。この酸素の發生は酸性度を増すもので其程度が適度なれば相互に補ひ合つて特に酸を補充する必要がない。ニッケルは容易に受働態になり易く、その溶解度は常温加工したものが少く、鑄造のまゝのものが大である。

(iii) 銅鍍金

上述の如く銅鍍金は主として他金屬の電鍍に際してその中間層として使用する目的に作るもので、通常はチアン化加里の溶液を使用する。この槽を使用する際に最も注意すべき事は青酸を發生せしめない様にする事である。之は青化銅に於ける銅の原子價が 1 であるが、此青化銅を作る際に使用する醋酸銅に於ては其原子價が 2 である。故に醋酸溶液中にチアン化加里を入れれば有毒なる青酸瓦斯を發生するものである。随つて原料の銅鹽類は使用の時に豫め先づ 1 價の銅に變じておかなければならない。之が目的には通常チアン化加里の溶液中に亞硫酸曹達と結晶曹達とを加へれば銅は 2 價より 1 價に變化する。その反應は次式で表はす事が出来る。



又は



この溶液の調合は次の如くである。

第1液としては 20 瓦の醋酸銅を 500 瓦の水に溶解する。

第2液としては 20 瓦のチアン化加里と 25 瓦の結晶亞硫酸曹達及び 17 瓦の結晶曹達を 500 瓦の水に溶解する。

斯の如くして作った第1液を漸次第2液へ注加する。この槽をもつて電鍍するには 3 ボルトの電壓とし、毎平方粉につき 0.3 アンペアの電流密度とすれば約半時間にして中間被膜として適当な銅を鍍金する事が出来る。

(iv) 眞鍮鍍金

ニッケルの電鍍の中間層としては銅よりも眞鍮をもつての方が鮮明な光澤を與へる。故にニッケルの下地としては多くは眞鍮を使用する。この眞鍮槽にはチアン化加里中に銅及び亜鉛を溶解したもので、銅は青化鹽としては其電位は殆ど亜鉛の電位に等しく且つ銅は亜鉛と合金を作る性質が大であるから、たとへ兩者の電位に多少の差があるとも互に牽引して共に析出する性質がある。又電流密度はこの析出する合金に大なる関係をもつもので、0.1 アンペアの時には兩者の陰極電位はなほ多少の差があるために殆ど銅のみを析出するが、0.3 アンペアとなる時は槽内の各電解質量は等しくあるが、よく銅 80 亜鉛 20 の割合をもつて離析せしめる。而して電流密度は之よりも高くなるとも離析する割合には變化を及ぼす事なく、却つて其色澤を綠色となし電流能率を悪くする。チアン化加里の量も亦其結果に影響するもので、余り過剰の時には其電流能率を害する故に出来るだけ少量使用する事が望ましい。しかれども又余り過少なる時は兩金屬の陰極電位差を大ならしめ、銅のみを離析し、且つ陰極に於て單純な青化鹽を沈澱するためにその成分にも亦最も注意を拂はなければならない。通常使用せられてゐる調合は次の如くである。

第1液としては 12.5 瓦の結晶醋酸銅及び 16.2 瓦の醋酸亞鉛を 500 瓦の水に溶解する。

第2液としては 35 瓦のチアン化加里と 25 瓦の結晶亞硫酸曹達及び 10 瓦の炭酸曹達を 500 瓦の水に溶解する。

この第1液を徐々に第2液中に注加すると 1 立中の成分は次の如くなる。

| | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| 銅 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 0.063 瓦原子量 |
| 亞鉛 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 0.068 瓦原子量 |
| 過剰チアン化加里 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 0.14 瓦分子量 |

其適當な電流密度は 0.3~0.5 アンペアで、陽極材料には析出すべき金屬と同成分の眞鍮を用ゐる事が最もよく、斯の如き材料を得る事が困難なる事は時々電解液を検定して其不足成分を補はなければならない。

(v) 銀鍍金

銀鍍金は極めて容易であるために最も廣く且つ最も古くより行はれたもので、其溶液槽を作るには沈澱法によつて得られた純粹なチアン化銀 25 瓦を水に浮遊せしめ、次に 25 瓦

のチアン化加里を 300~500 瓦の水に溶解してこの溶液を攪拌しつゝ前記の溶液中に漸次加へて 1 立とする。この際陽極には出来るだけ純粹な銀を使用する。通常行はれてゐる電流密度は 0.1~0.45 アンペアで、其電壓は約 1 ボルトである。其地金は多くは銅又はその合金で、若し他の金屬例へば鐵の如きものには豫め銅鍍金を施しておく。なほ一層密着せしめんためには此銅被膜の表面に水銀を施すとよい。之を行ふには 20~25 瓦のチアン化水銀加里と 25 瓦のチアン化加里を 1 立の水に溶解し、銅鍍金した物體をこの溶液中に暫時浸す。この銅被膜又は水銀被膜上に鍍金せられる銀は通常乳白色をなしてゐるから之を研磨して光澤をつけなければならない。又厚い鍍金をするには一様な鍍金被膜を生成する様に電解液を靜に攪拌する。之がために側心半徑によつて物體を靜に上下に動搖せしめる便利な装置がある。銀溶液は長時間の使用中に多少その成分を異にする。之は陰極の地金が徐々に溶解してくる事と、青化鹽が分解する事、及び空氣中の炭酸瓦斯が入り來るために多少の副變化を起すためである。故にその使用は半年位で長くとも 1 年にして廢液としなければならない。但しこの廢液より銀を回収するには亞鉛粉を投じて銀を沈澱せしめればよい。

(vi) 金鍍金

この溶液槽には金とチアン化加里の錯鹽を使用する。先づ鹽化金を水に溶解して之にアンモニアを加へて沈澱せしめてよく水洗をする。この沈澱物は乾燥すると爆發する恐があるから注意しなければならない。このものを濕つたまゝチアン化加里の溶液に溶解し、アンモニアの臭氣を失ふまでよく煮沸する。鍍金には温槽と冷槽の 2 通りがあるが、温槽は小さな物體を鍍金するに使用し、冷槽は大きな物體に鍍金する際に使用せられる。冷槽はその装置は簡單であるが濃厚溶液としなければならない。その成分は次の如きものである。

冷槽は 1 立中に 3.5 瓦の純金と 10~15 瓦のチアン化加里を入れる。

温槽は 1 立中に 1 瓦の純金と 5 瓦のチアン化加里を入れ、温度は 70~75°C とする。この槽の電壓は 1~1.3 ボルトにして電流密度は 0.1~0.15 アンペアを適當とする。而して陽極には純金を使用し、地金には常に銅又は銅鍍金せるものを使用する。その處理法が適度なれば水素の發生がなく、光澤のない堅牢な被膜が出来る。之を研磨すると金色とな

る。この溶液中に金の量が乏しいか又は電流密度が大に過ぎる時は被膜は褐色となり甚しき時には海綿状の沈澱となる事がある。又チアン化加里の量が過剰の時には金は淡黄色となる。又槽内に銀の不純物がある時には緑色となり、銅の存在する時には赤色を呈する。この溶液槽も使用中には次第にその成分を變ずるものであるから時々金を補充し、特に陽極の溶解は定量的のものでないから其補充には注意を拂はなければならない。

亜鉛鍍金については § 126 の (iii) に前述した。

(vii) クロム鍍金とその理論

最近数年間にクロム鍍金の研究が盛に行はれ鍍金の理論に就ても Müller 氏の説及び Liebreich 氏の説等があるが互に矛盾する點もある。1927年 A. Ollard 氏⁽¹⁾ はクロム鍍金の機構を明にせんとして之を研究し、その結果を報告してゐる。以下同氏の説を記述してみよう。クロムには三つの定つた原子價があつて2價、3價及6價の親和力を持つて居る。其外の原子價もあると云ふ人があるが、それは2價と3價又は3價と6價と云ふ様な物が互に複鹽を作つた物と考へる方が至當である。

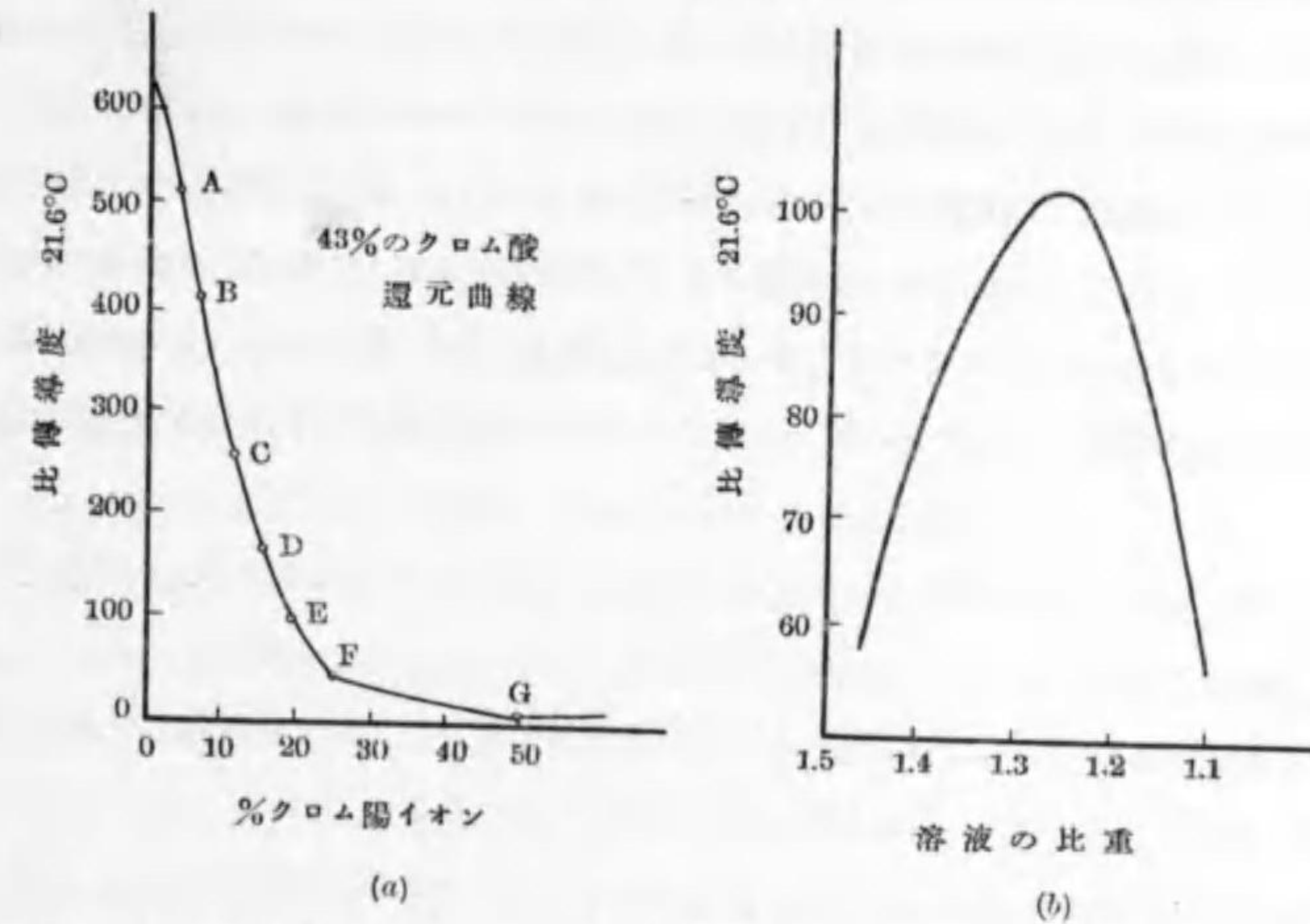
此中2價及び3價のクロム即ち CrO 、 Cr_2O_3 はクロム鍍金には關係のない物で、鍍金に用ひられるものは CrO_2 なる形の6價の物である。上述の如く CrO_2 と Cr_2O_3 とは一般に $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot x\text{CrO}_2$ の形の複化合物を作り、鍍金に直接關係があるのは此複化合物である。 CrO_2 は酸としては H_2CrO_4 又は $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ なる形で存在する。即ち CrO_2 を水に溶解した時溶液の中に出るのである。

此水溶液を電解すると $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ イオンが陽極に行き、 H^+ イオンは陰極に行く。陽極では $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ が遊離すると同時に水と化合して再び $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ となり、酸素を發生する。随つて電解では只水素と酸素を發生する許りである。而してクロムを鍍金すると云ふ事は之だけでは出来ない。所が CrO_2 の水溶液に出来たクロム酸は普通の還元剤で容易に還元される。例へば過酸化水素を加へると過満俺酸加里と同様に還元される。又炭酸鹽を加へても還元される。又此水溶液を單に電解しただけでも電流密度を高めると陰極には Cr_2O_3 式の複化合物が出来る。斯の如く還元した液の中にどんな形の物があるかを見るために1立に600

(1) A. Ollard, Metal Industry, 31 (1927), 437.

瓦の CrO_2 を溶かし、漸次還元剤を加へて種々の還元度の液を作り、其電氣傳導度を測ると第111圖(a)の様な曲線を得る。即ちF點とG點とに屈曲があつてF點の陽イオンか

第 111 圖



ら計算すると之は $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{CrO}_2$ なる複化合物に相當し、G點の陽イオンを計算すると之は $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CrO}_2$ なる複化合物に相當する。G點以上に還元すると $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{CrO}_2$ なる形の複化合物が沈澱する。

實際に使用されて居る電解液の電導度は丁度A點とG點との間に相當するからして、液の中には $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ の外に $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{CrO}_2$ が存在する事となる。而して此液の電導度は $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{CrO}_2$ が餘り多い時は低い。液を漸次に稀釋して行くと第111圖(b)の様にある所で極大に達する。兎に角濃度の如何に關せず此複化合物は多少共イオン化し、 CrO_2 イオンと錯イオンとに別れる。随つて $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{CrO}_2$ は錯イオンの供給者であつて、溶液中の種々のイオンの濃度を調節する物である。

しかし此溶液を電解しただけでは尙クロム鍍金は行はれないで依然として水素と酸素が發生するだけである。而して CrO_2 に対し其0.5%位の硫酸を加へ電流密度を高めるとクロムが鍍金される。仍で此硫酸の作用を目して水素イオンの濃度を高めるに在りと考へる

者があるけれども、已に液中には $H_2Cr_2O_7$ があつて相當解離して居るのであるから、少々の硫酸のために水素イオンに影響するとは考へられない。随つて Ollard 氏は硫酸の作用は Cr_2O_3 イオンの量を支配する物と考へた。

Cr_2O_3 の水溶液を種々の程度に還元して重クロム酸の外に錯イオンを作らしめ、之に少量硫酸を加へて鍍金の可否を試験して見ると、第111圖中のA點に相當する程度に還元せられた液では、電流密度が非常に小さい時は鍍金が出來ないが、密度を漸次増すと良好な鍍金が出來る。D又はE點の溶液では硫酸を少し電流密度も非常に低く5アンペア位で良い鍍金が出來て、密度を大きくすると不可である。斯様に液の電導度は大體の標準になる。

以上によつて總括するとクロム鍍金の液は少く共次の様な成分を含んで居なければならぬ。

1. $H_2Cr_2O_7$ (重クロム酸) ... 一般に多量含まれて居るが還元の割合によつて殆どない程度の物もある。
2. $Cr_2O_3 \cdot 6CrO_3$... 零から非常に多量まで重クロム酸に逆比例して含まれる。
3. 硫酸又は他の酸 ... 少量、液の種類によつて加減する。
4. 膠質狀 $Cr_2O_3 \cdot xCrO_3$... 少量此組成のコロイドがある事は事實であるが、其存在が必須の物かどうかは疑問である。但し式中のxは6以下の物である。

之迄の説の中米國の學者は多くは硫酸クロムが出來て金屬クロムは陰極に鍍金し、 SO_4 は陽極で遊離すると同時に再び硫酸クロムを作ると信じて居るが、しからば硫酸クロムの溶液のみでも鍍金が出來る筈であるが事實出來ないから此説は宜敷くない。

又 Muller 博士はクロム酸が陰極で發生した發生機の水素によつて還元せられクロムを鍍金するが同時に還元生成物たる $Cr_2O_3 \cdot xCrO_3$ がコロイド狀の半透膜を作つて表面を蔽ひ、水素はこの膜を自由に透る。此膜のために鍍金は止まるのであるが、他の酸を加へて置くと膜を適當に分解加減して鍍金を進行せしめるのであると云ふてゐる。

Ollard 氏の説によれば液中の重クロム酸は電導體として陰極に水素、陽極に酸素を發生し又元の重クロム酸に歸る。然るに液中にはクロムの硫酸鹽が出來て居て電解によつて陰極に3價のクロム酸イオンを遊離する。硫酸は $Cr_2O_3 \cdot 6CrO_3$ と反應して又硫酸鹽と $H_2Cr_2O_7$

とを作る。

陰極で遊離した Cr_2O_3 イオンは水素のために還元せられて CrO イオンとなり、次に Cr イオンとなつて鍍金する。此中の CrO イオンは幾分陰極から逃れて $H_2Cr_2O_7$ と反應して再び $Cr_2O_3 \cdot 6CrO_3$ を作る。即ち $H_2Cr_2O_7$ は電導體となると共に酸の濃度を加減しクロムを供給する。 $Cr_2O_3 \cdot 6CrO_3$ は buffer となつて酸度を減じ、 $Cr_2O_3 \cdot 6CrO_3$ は Cr_2O_3 イオンを供給し鍍金は之から出來る。此外コロイド的の物が陰極に出來て鍍金の性質をよくする事はあるが多量にある物ではない。

随つて重要な點は Cr_2O_3 イオンの濃度、水素イオンの濃度及電流密度であつて、電流密度は他の加減によつて高くも又低くも出來る。 Cr_2O_3 イオンの濃度は硫酸其他加ふる酸の量によつて加減し水素イオンは溶液の還元度によつて加減すれば好い。

§ 130. セメンテーション (Cementation) セメンテーションとは以前は鐵鋼に炭素を滲入させて、その硬度を増加する目的に行はれてゐた方法で、之を滲炭とも譯してゐる意味の狭いものであつたが、現今に於ては之を廣めて他の金屬粉末を膠着擴散せしめる意味に使用してゐる。窒素、硼素、珪素、クロム、タングステン、モリブデン、バナヂウム、コバルト其他の金屬を用ひて鐵鋼の表面を硬化する所謂 Case-hardening をする問題は近年になつて工業家の最も注目して來た問題である。しかれども本問題は表面硬化の目的許りでなく、耐錆金屬をセメンテーションして防錆の目的にする事が出來る。既に記述せる所の亞鉛の擴散による sherardizing やアルミニウムの擴散による calorizing もこの問題の一部である。茲には窒素、硼素其他の金屬を擴散せしめても耐錆の目的に適合しないものは取り除いてクロム、タンタル、モリブデン等二三のものについて記述する事にする。而してこの方法は金屬粉末を滲炭と同じく擴散せしめる以外に電氣鍍金後に之を加熱擴散せしめれば電氣鍍金被覆の缺點を補ひ、鍍金を完全せしめる方法ともなる。

(i) クロムのセメンテーション (Chromizing) 之が研究には Grube と Fleischbein⁽¹⁾ の兩氏、Kelley 氏⁽²⁾ 及び Laissus 氏⁽³⁾ の研究結果がある。Laissus 氏はクロムの擴散する道

(1) G. Grube and W. von Fleischbein, Zeits. anorg. Chem., **154** (1926), 314.

(2) F. C. Kelley, Trans. Amer. Electrochem. Soc., **43** (1923), 355.

(3) J. Laissus, Rev. Mét., **23** (1926), 155.

程を顯微鏡的に研究すると共にクロムを擴散せしめた鐵合金の實用上に関するその性質を調べた。Kelley 氏の研究は擴散すべき鐵及びその合金を 45% のアルミナ (Al_2O_3) と 55% のクロムの粉末の混合物中に入れて之を鐵管中におき之に水素氣流を通じ、モリブデンの抵抗線を巻いたアランダム管に電流を通じて 1300°C 邊に加熱した。この際水素は極めて純度のよいものを使用しなければならない。然るに Laissus 氏はフェロクロムの粉末を使用して、アルミナは特別に加へなかつた。擴散すべき鐵鋼を圓柱状として之を第一の鐵管中につめ込まれたフェロクロムの粉末中に入れ、この鐵管の兩端を耐火粘土とカーボランダム粉末の混合物で密封した。この鐵管を更に第二の鐵管中におき、その兩端も第一鐵管と同様に密封して酸化を十分に防止する様にして爐中で加熱した。同氏はアルミナを使用した場合と電解クロムの粉末を使用した場合の結果を上記の結果と比較してゐる。セメンテーションの機構を考へるには必ず鐵とセメントすべき金屬との状態圖を参照しなければならない。この場合は Fe-Cr, Cr-C, C-Fe の各二元状態圖と三元状態圖を参照すべきであるが茲には之を省略する。この擴散の初期には固溶體を、次に共晶組織が出てくる事が想像される。

温度の影響を検べると、加熱時間は 2 時間半、5 時間、10 時間で温度は 900°, 1000°, 1100°, 1200°C について試験した結果、1200°C は高温すぎて擴散剤が試片に貼りついてよくなかつた。この際の擴散剤たるフェロクロムは 60%Cr, 0.29%C, 1.5%Si を含有した鐵であつた。又同氏の使用した試片は小さな圓柱形の 0.15%C 鋼を研磨したものである。顯微

第 173 表

擴散層の厚さ(μ)と加熱温度及び時間の關係

| 加 熱 温 度 (°C) | 加 熱 時 間 | | | | | |
|--------------------|---------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | 2 時 間 半 | | 5 時 間 | | 10 時 間 | |
| | 固溶體層 | 光輝ある外層 | 固溶體層 | 光輝ある外層 | 固溶體層 | 光輝ある外層 |
| 900 | 0.030 | — | 0.060 | — | 0.120 | — |
| 1000 | 0.075 | — | 0.150 | — | 0.190 | — |
| 1100 | 0.160 | 0.015 | 0.210 | 0.210 | 0.075 | 0.060 |
| 1200 | 0.055 | 0.040 | — | 0.072 | — | 0.155 |

鏡試験には 4% ピクリン酸のアルコール溶液を腐蝕剤として試験した結果によると 1000°C までは固溶體の層を作るが、1000°C 以上ではこの固溶體層の外部に共晶の層を挟んで輝いたしかも腐蝕せられ難い層が出来た。この外部の層も温度の上昇と共に厚さを増加する事は第 173 表に示した如くである。

次に時間から云へば同様に上記の如く固溶體層と外部の光輝ある層の二つに區別する事が出来、1200°C で數時間加熱の時に固溶體の層がない。

更に擴散をされる鐵については電解鐵、軟鋼、半硬鋼及び硬鋼について行ひ (§ 136 の後條参照)、その結果は炭素量が増加すると

- 固溶體の層が急に減少し、0.4%C 鋼に於ては殆ど皆無となつた。
- 外部の光輝ある層の出来る温度が降下する。半硬鋼では 1000°C で出来た。
- 外部の光輝ある層の厚さは炭素が 0.5% までは急激に拋物線的に減少し、それより 1% まではその減少する度は少い。但しこの結果は 1200°C で 10 時間行つた際のものである。

尙ほ 13% クロムの入つた耐錆鋼については 1200°C で炭素鋼の時よりも外部の層は一層よく得られた。

次に試料として 0.15%C 鋼を使用し、擴散剤のフェロクロム中の炭素量が變化すると如何になるか、之を試験をした結果その炭素量が増加すると

- 固溶體の層が直線的に増加する。
- 外部の光輝ある層は減少し、暫時にして一定となる。
- 高温に於て介在する共晶部は外部の光輝層と共存する固溶體層とに置換せられて漸次に消失する。

更に擴散剤として電解クロム (99.816%Cr, 0.045%C, 0.013%Si, 痕跡 Pb, 0.025%Mn, 0%Al, 0.080%Fe, 0.008%P, 0.013% 硫化物) を使用し、試料には 0.15%C の軟鋼、0.40%C の半硬鋼、0.85%C の共析鋼、灰鉄及び電解鐵を用ひて試験した結果は次の如くであつた。

- 純粹の電解クロムは他の何れの同種のものよりも最良の結果を與へた。1200°C に於ては外部の光輝ある層の厚さが最も著しく出来る。
- 電解クロムにアルミナを混合すると、外部の光輝層の厚さは減少する。

(c) 温度が 1000°C を越えると、純粹の電解クロムもフェロクロムも試片に容易に粘着する。しかれどもクロムとアルミナを混合したものは粘着する様な缺點がない。第 174 表は純クロムとアルミナ混合粉末との擴散剤の比較をしたものである。

第 174 表

| 加熱時間 (時間) | 加熱温度 (°C) | 擴散剤 | 外部の光輝ある層の厚さ (耗) | | | |
|--------------|--------------|---------------------|-----------------|-------|-------|-------|
| | | | 電解鐵 | 軟鋼 | 半硬鋼 | 共析鋼 |
| 10 | 1200 | 純電解クロム | 0.600 | 0.120 | 0.150 | 0.100 |
| 10 | 1200 | 電解クロムとアルミナ (45%) | 0.225 | 0.095 | 0.075 | 0.050 |

斯の如く chromizing したものが酸に對して如何によいか試験した結果は次の如くである。

(a) 33% ボイメ 38.6% の硫酸中に於ては

1000°C で 10 時間擴散した鋼は 100 時間までは他の合金よりも腐蝕量は少いが、それから先になると擴散した層(共晶層)が破壊し、之がために腐蝕は未擴散のものよりも多くなる。

1200°C で 10 時間擴散した鋼の腐蝕は最初は極めて急激である。之はクロムに富た層が破壊するためである。而してそれから後は共晶層となつて緩慢となる。

13%Cr, 0.15%C の壓延焼鈍した耐錆鋼の腐蝕は極めて迅速である。

(b) 50% の鹽酸中に於ては

1000°C で 10 時間クロムを擴散した鋼は、共晶層がその腐蝕速度を減退せしめる。しかれども 200 時間の後にはこの層が破壊されて腐蝕は迅速となる。

1200°C で 10 時間擴散した鋼はクロムに富た層が破壊するために最初は極めて迅速に腐蝕せられるが、共晶層が露出するに及んで腐蝕は緩慢となる。

13%Cr, 0.15%C の壓延焼鈍した耐錆鋼の腐蝕は極めて迅速である。

(c) 18% ボイメ 24% の硝酸中に於ては

1000°C で 10 時間擴散した鋼の腐蝕は迅速である。

1200°C で 10 時間擴散した鋼は極めて僅に腐蝕されるが、上記耐錆鋼は全く腐蝕せられ

ない。

以上の如く chromizing しても酸に對して耐錆鋼の如く効果がないが、水中に於ける腐蝕に對しては、若し外部の光輝層が緻密によくついておればその抵抗性が極めて大であらう。實際 Grube と Fleischbein 兩氏もクロムに富む外皮は硝酸の腐蝕に對して保護作用をするに云つてゐる。若し緻密なクロム外皮が出来ないと却つて腐蝕を促進する恐がないでもない。序にこのものは高温の酸化作用に對する抵抗性が大となり、1200°C で 10 時間擴散した鋼は 1000°C で 37 時間おいても酸化は極めて少い。尤も 1000°C で 10 時間擴散したものは 2 時間後に相當に酸化せられる。以下クロム鍍金及びクロムのセメンテーションに關する文献を掲げておく。

セメンテーション即ち Chromizing の文献としては

Janeck, E. "Iron-chromium alloys," Zeits. Elektrochem., **23** (1917), 49.

Murakami, T. "Structure of iron-carbon-chromium alloys," Sci. Rept., **7** (1918), 217.

Kelly, F. C. "Chromizing," Trans. Amer. Electrochem. Soc., **43** (1923), 351; Metal Ind., **23** (1923), 385.

Mitchell, W. M. "Chromium, uses and alloys," Blast Fur. Steel Plt., **12** (1925), 372, 452; 504; **13** (1925), 26, 95.

Pakulla, E. and Oberhoffer, P. "Constitution of iron-chromium alloy system," Ber. Verein deut. Eisenhüttenleute, Werkstoffausschuss, No. **68** (1925), 9.

Laissus, J. "Cementation of ferrous alloys by chromium," Compt. rend., **180** (1925), 240; Rev. Métal, **23** (1926), 1155.

クロム鍍金被覆の文献としては

Voisin, J. "Electrolytic chromium," Rev. Métal, **7** (1910), 1137.

Sargent, G. J. "Electrolytic chromium," Trans. Amer. Electrochem. Soc., **37** (1920), 479.

Liebreich, E. "The electrodeposition of metallic chromium," Zeits. Elektrochem., **27** (1921), 94.

Hughes, W. E. "Electrodeposition of metals; chromium," Beama, **10** (1922), 138.

Liebreich, E. "Chromium electroplating," Zeits. Metallk., **14** (1922), 267.

Oyabu, K. K. "Electrolytic deposition of chromium," Zeits. Elektrochem., **29** (1923), 491.

Liebreich, E. "Electrodeposition of chromium," Zeits. Elektrochem., **29** (1923), 208.

Schwartz, K. W. "Chromium plating of steel, using chromium anodes," Trans. Amer. Electrochem. Soc., **44** (1923), 451.

Silberstein, J. "Some views on chromium plating," Brass World, **20** (1924), 217.

- Liebreich, E. "Electroplating with chromium," Zeits. Metallk., **16** (1924), 175.
- Fink, C. G. "Chromium plating," Forging, Stamping, Heat Treating, **11** (1925), 102.
- Enos, G. M. "Notes on the plating of chromium on steel," Trans. Amer. Electrochem. Soc., **48** (1925), 37.
- Ollard, A. E. "Corrosion resistance of chromium plated steel," Metal Ind., **27** (1925), 235, (London).
- Haring, H. E. "Principles and operating conditions of chromium plating," Chem. Met. Eng., **32** (1925), 692.
- Piersol, R. J. "Reflection properties of chromium," Trans. Ill. Eng. Soc., **20** (1925), 1121; Automotive Ind., **53** (1925), 449.
- Mitchell, W. U. S. Patent, "Method of making castings having chromium alloy surfaces."
- Ollard, E. A. "General survey of chromium plating," Metal Ind., **24** (1926), 110; Metal Ind., **28** (1926), 153, 173, (London).
- French, H. J. and Herschman, H. K. "Wear of steels with particular reference to plug gages," Trans. Amer. Soc. Steel Treat., **10** (1926), 683.
- Humphries, C. H. "Plating with chromium for wear," Iron Age, **118** (1926), 599.
- Liebreich, E. "The theory of chromium plating," Korrosion u. Metallschutz, **2** (1926), 219.
- Blum, W. "Chromium deposition," Mech. Eng., **49** (1926), 33.
- Fink, C. G. "Chromium, its properties and use," Journ. Soc. Auto. Eng., **20** (1926), 157.
- Phillips, W. N. "Purposes, methods and results of chromium plating," Journ. Soc. Auto. Eng., **20** (1926), 255.
- Sillers, F. "Note on the crystal structure of electrodeposited chromium," Trans. Amer. Electrochem. Soc., April meeting.
- Kellifer, D. H. "Chromium plating," Journ. Ind. Eng. Chem., **19** (1927), 773.
- Haring, H. E. and Barrows, W. P. "Electrodeposition of chromium from chromic acid baths," Bur. Standards Tech. Paper, **346** (1927).
- Phillips, W. M. "Chromium plating and automobiles," Iron Age, **119** (1927), 773.

(ii) モリブデンのセメンテーション

Laissus 氏は擴散劑にフェロモリブデン (71.85%Mo, 1.86%C) の極めて細い粉末を使用した。このものは 1100°C 位の高温に於て酸化され難く又試料に粘着する事もなく、フェロクロムやフェロタンタムステンの場合と異り好都合である。先づモリブデンと鐵の二元状態圖⁽¹⁾から豫想して第一層に固溶體を、第二層には固溶體中に化合物 Fe₂Mo₂ を含む脆い

(1) 村上博士、武井學士、金屬の研究、5 (昭和 3), 57.

層が出来ると考へられる。0.15%C 鋼の試料を使用して、800°, 900°, 1000°, 1100° 及び 1200°C で擴散せしめたものを 4% の硝酸アルコール溶液で腐蝕し、その顯微鏡組織を見ると次の如くであつた。

1000°C までは 2 時半、5 時間、10 時間、加熱すると擴散は Mo-C-Fe の固溶體の層で進行し、檢鏡するとその組織は多角形をなし、波來土は全く消失されてゐた。そしてその層の厚さは温度の上昇と共に増加する。800°C でもこの層は出来る。1000°C 以上に於ては固溶體の層の外に一層光輝のある第二層が現はれる。1000°C 以下に於ては試料の縁が全く線状であるが、1000°C 以上例へば 1200°C になると縁は凹凸が多くなり鱗片状になる。第二層は豫想の如くモリブデン鐵の固溶體と化合物 Fe₂Mo₂ よりなる事を證明してゐる。この化合物は試料の中心を遠ざかる程多く、極端の縁には 53%Mo 邊に相當する所の殆ど純粋な化合物が存在するらしい。温度が上昇すれば固溶體の層と化合物の層が厚くなる。1000°C で 10 時間加熱すれば固溶體の層は認識し得られる厚さとなり 0.1 耗にもなる。

次に試料に電解鐵、0.35%C 半硬鋼、0.80%C 共析鋼及び灰鉄を使用して炭素量の變化による擴散の影響を検べた所灰鉄の場合を除いて炭素量が増加すると

(a) 外部の固溶體と化合物が共存する層の厚さが減少する。

第 175 表

| 水 | | 鹽 酸 (50%) | | 硫 酸 (33°ボイム) | | 硝 酸 (18°ボイム) | |
|------|------------|-----------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| 浸漬期間 | 每平方寸の減量、mg | 浸漬期間 | 每平方寸の減量、mg | 浸漬期間 | 每平方寸の減量、mg | 浸漬期間 | 每平方寸の減量、mg |
| 3 日 | 3.3 | 5 分 | 0.05 | 15 分 | 0.6 | 5 分 | 37.6 |
| 15 日 | 6.1 | 30 分 | 0.2 | 30 分 | 0.7 | 15 分 | 187.5 |
| 24 日 | 7.1 | 1 時間 | 0.4 | 1 時間 | 0.75 | 45 分 | 337.9 |
| 35 日 | 7.8 | 2 時間 | 0.6 | 2 時間 | 1.2 | | |
| 46 日 | 8.6 | 5 時間 | 0.7 | 5 時間 | 4.6 | | |
| 59 日 | 9.2 | 10 時間 | 0.9 | 10 時間 | 10.1 | | |
| | | 1 日 | 1.5 | 1 日 | 22.1 | | |
| | | 3 日 | 11.6 | 2 日 | 130.3 | | |
| | | 5 日 | 28.1 | 5 日 | 277.6 | | |
| | | 16 日 | 49.3 | | | | |
| | | 20 日 | 51.2 | | | | |

(b) 内部の層の厚さも減少する。

(c) 温度の影響は擴散された全部の層を通じて之を見れば同一である。

モリブデンを擴散した試料の酸化抵抗性はあまり大とならず 900~1000°C では軟鋼より却つて悪く、800° で稍よいと云ふに過ぎない。水と酸に対する抵抗性は第 175 表の如くである。

之を要するにモリブデンを擴散せしめた鋼は、擴散せしめない鋼に比して速に腐蝕せられる。但し鹽酸の 50% のものによる腐蝕は少く、20 日の後には毎平方寸につき 51.2 厩に過ぎないが、普通の軟鋼は 20 日間に 730.7 厩を示して、この場合極めてよい結果を示してゐる。この點は大いに注目し得る問題である。上記硝酸に対しても軟鋼よりは稍よいが、硫酸の場合には軟鋼よりも悪い結果を與へてゐる。

(iii) タンタルのセメンテーション

タンタルは週期律表に於てバナヂウム、ネオビウム (又はセルビウム) と同じく第 V 屬に屬し、第 6 週期第 10 列に位するものである。之を鐵に擴散すると防錆効果の大なるものが得られる。以下 J. Laissus 氏の研究結果について記述してみよう。

擴散剤としては 1.00% C, 29.26% Ta, 1.96% Si のフェロタンタルを使用し、0.15% C の軟鋼に擴散せしめた。温度は 800°, 900°, 1000°, 1100°C に 2 時間半、5 時間、10 時間となし、試験した結果は次の如くであつた。先づ檢鏡を行ふに際してピクリン酸の 4% アルコホル溶液を腐蝕剤とした。擴散せしめた試料は波來土が全く消失したもの即ち固溶體の存在する事を確めた。この第一層は恐らくは Ta-C-Fe の層で温度の上昇と共にその厚さを減少した。

温度が 1000°C までの所では固溶體の第一層の次に固溶體の第二層を生じた。このものはピクリン酸によつて比較的容易に腐蝕された。而してこの第二層は温度の上昇と共にその厚さを増加した。1000°C 以上では第一層の固溶體には變化はないが、第二層に於て共晶が現はれる。1100°C でこの固溶體の多角形は消失して第二層は共晶のみとなつた。

又加熱時間は 2 時間半以上繼續すると固溶體の第一層の厚さは増加するが、内部の固溶體層の厚さは減少する。而して 1100°C に 10 時間も加熱すれば全く消失する。1000°C で共晶が現はれると外部の層を厚くする事となる。

次に試料を電解鐵、0.35% 半硬鋼、0.8% 共析鋼及び灰鉄を使用して試料中の含有炭素量の影響を検した。灰鉄を除いて炭素量が増加すると擴散された内部層の厚さを減少するが、外部の層の厚さを増加する。

タンタルを擴散せしめたものの硬度は擴散せしめない普通の軟鋼のそれよりも低く、焼入しても硬度は増加し難い。但し酸化の抵抗性は大となり研磨したものは空氣中に於て變色する事が少い。

タンタルを擴散せしめた軟鋼の水及び酸に対する腐蝕は、普通の軟鋼のそれよりも極めて少い。56 日後の毎平方寸の減量は擴散せしめた軟鋼は 0.9 厩であるが、普通の軟鋼のそれは 3.6 厩であつた。硝酸に対しても同様であるが、50% の鹽酸及び 33° ボイメの硫酸に対しては普通のものよりも比較的によくない。次表は Laissus 氏の結果を示したもので、タンタルを擴散せしめたものは同氏の研究に於て取扱つた他の總ての金屬の中で、腐蝕防止の點で最もよい結果を與へてゐる。

第 176 表

| 水 | | 鹽 酸 (50%) | | 硫 酸 (33°ボイメ) | | 硝 酸 (18°ボイメ) | |
|------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 浸漬期間 | 毎平方寸の減量、厩 | 浸漬期間 | 毎平方寸の減量、厩 | 浸漬期間 | 毎平方寸の減量、厩 | 浸漬期間 | 毎平方寸の減量、厩 |
| 3 日 | 0 | 5 分 | 1.05 | 15 分 | 4.3 | 5 分 | 35.6 |
| 15 日 | 1.0 | 30 分 | 2.5 | 30 分 | 4.6 | 15 分 | 117.8 |
| 24 日 | 1.2 | 1 時間 | 4.0 | 1 時間 | 5.3 | 45 分 | 272.8 |
| 35 日 | 1.8 | 2 時間 | 6.4 | 2 時間 | 7.4 | | |
| 46 日 | 2.5 | 5 時間 | 10.8 | 5 時間 | 9.9 | | |
| 59 日 | 3.2 | 10 時間 | 18.2 | 10 時間 | 18.4 | | |
| | | 1 日 | 26.2 | 1 日 | 33.6 | | |
| | | 3 日 | 107.5 | 2 日 | 69.5 | | |
| | | 5 日 | 211.8 | 5 日 | 159.9 | | |
| | | 10 日 | 344.1 | 10 日 | 296.1 | | |
| | | 20 日 | 530.0 | 20 日 | 504.3 | | |

(iv) タングステンのセメンテーション

Laissus⁽¹⁾ 氏はタングステンについてもクロムの場合と同様な研究を行つてゐる。擴散

(1) J. Laissus, Rev. Mét., 23 (1926), 233.

剤としては極めて細い粉末にしたフェロタンダステンを用いた。之はフェロクロムの様に粘着することの少ない特徴がある。擴散層はクロムの場合の様に三層にならずに唯一層の光輝ある外部の層が出来るのみである。温度が上昇すると極めて薄い固溶體層が出来る傾向を示す。又外部の光輝層は厚さを増し、酸性の試薬によつて腐蝕され難くなる。實際に厚い層を得るには 1100°C に 10 時間位加熱しておくといふ。擴散剤のフェロタンダステン中の炭素量が増加すると外部の光輝層は減少する。chromizing したものは高温酸化に對し抵抗性が大であつたが、このものはその抵抗が微弱である。

水及び酸に對する抵抗性を試験した結果は次の如くである。即ち 1100°C で 10 時間フェロタンダステンを擴散せしめた鋼片は水に對しては酸化物を生成するために腐蝕は著しく緩慢となる。又稀硫酸と稀鹽酸にはその抵抗性を増すと、稀硝酸に對しては少しも効果がない。第 177 表はその結果である。

第 177 表

| 浸漬 期間 | % 腐蝕減量 | | | | | |
|----------|------------------|-------|--------------|-------|----------------------------------|-------|
| | 硫 酸 (33° ボイメ) | | 鹽 酸 (50%) | | 硝 酸 (18° ボイメ) | |
| | 燒鈍炭素鋼 | W擴散鋼 | 燒鈍炭素鋼 | W擴散鋼 | 燒鈍炭素鋼 | W擴散鋼 |
| 1 時間 | 0.582 | 0.245 | — | 0.218 | 70.00 | 45.30 |
| 2 時間 | — | 0.322 | 0.335 | 0.321 | — | — |
| 5 時間 | 1.15 | 0.374 | — | 0.347 | 腐蝕は極めて激烈に迅速である。擴散層は數分間にして破壊せられる。 | |
| 11 時間 | — | 0.542 | — | 0.514 | | |
| 1 日 | 4.32 | 0.981 | 2.04 | 0.901 | | |
| 2 日 | 6.07 | 2.28 | 4.08 | 2.44 | | |
| 5 日 | 10.05 | 2.81 | 19.00 | 8.10 | | |
| 6 日 | — | 3.48 | 25.00 | 11.5 | | |
| 8 日 | 13.01 | 4.53 | 36.00 | 17.9 | | |
| 12 日 | 16.7 | 5.01 | 65.00 | 30.7 | | |
| 20 日 | 21.6 | 6.79 | — | — | | |
| 30 日 | — | 8.17 | — | — | | |
| 34 日 | — | 11.70 | — | — | | |

(v) ウラニウム其他のセメンテーション ウラニウムを擴散した軟鋼の腐蝕は、擴散しない軟鋼のそれよりも著しく速である。又 50% の鹽酸、33° ボイメの硫酸に對しても

著しく侵され易く、たゞ 18° ボイメの硝酸に對しては普通の軟鋼に比較して極めてよい。即ち 5 日間の減量は擴散したものは毎平方寸について 189.9 厘であるが、普通のものは 795.8 厘であつた。其他バナヂウム、コバルト、チタン、ジルコニウム等の擴散したものについての研究があるが、防錆の點から見てよいものはない。是等の結果を纏めると第 178 表の如くなる。

第 178 表

| 擴散せしめ た 金 屬 名 | 毎 平 方 寸 の 腐 蝕 減 量、厘 | | | | | | | |
|------------------|---------------------|--------|----------|--------|-------------|--------|-------------|---------|
| | 水 | | 鹽 酸 (5%) | | 硫酸 (33°ボイメ) | | 硝酸 (18°ボイメ) | |
| | 順位 | 5日間の腐蝕 | 順位 | 5日間の腐蝕 | 順位 | 5日間の腐蝕 | 順位 | 15日間の腐蝕 |
| ジルコニウム Zr | 9 | 8.3 | 4 | 58.2 | 10 | 500 | 7 | 322.1 |
| チタン Ti | 8 | 6.7 | 11 | 224.1 | 11 | 600 | 6 | 309.1 |
| ウラニウム U | 7 | 6.1 | 8 | 174.2 | 8 | 350.5 | 2 | 189.9 |
| バナヂウム V | 3 | 2.7 | 3 | 40.4 | 9 | 398.6 | 5 | 288.1 |
| 硼 素 B | 11 | 12.2 | 2 | 30.1 | 3 | 116.2 | 9 | 350.9 |
| クロム Cr | 2 | 1.1 | 7 | 138.2 | 6 | 241.2 | 1 | 1.9 |
| 0.15% C 鋼 | 5 | 3.6 | 9 | 205.6 | 4 | 126.7 | 11 | 795.8 |
| モリブデン Mo | 10 | 9.2 | 1 | 28.1 | 7 | 277.5 | 8 | 337.9 |
| タンダステン W | 4 | 2.8 | 6 | 89.7 | 1 | 31.3 | 10 | 375.0 |
| コバルト Co | 6 | 3.8 | 5 | 84.7 | 2 | 60.6 | 4 | 275.9 |
| タンタル Ta | 1 | 0.9 | 10 | 211.8 | 5 | 159.9 | 3 | 272.8 |

以上は J. Laissus 氏の研究した結果で

- (a) 水に對してはタンタルとクロムが極めてよい。
- (b) 50% の鹽酸に對してはモリブデンが比較的耐酸性である。硼素とバナヂウムも良結果を與へてゐる。
- (c) 33° ボイメの硫酸に對してはタンダステンが比較的優秀である。コバルトもよいものと見なされる。
- (d) 18° ボイメの硝酸に對しては總ての金屬の擴散層も皆激しく腐蝕せられたにも拘はらず獨りクロムのみは極めてよい結果を與へた。次にウラニウムが他の金屬擴散層に對して比較的よいものと考へられる。

斯の如くセメンテーションによつて金属を被覆する方法は電気鍍金に優る點も多々あり、又表面硬化、耐酸化性等をもつので極めて興味ある問題である。電気鍍金又は吹付法による鍍金は小孔を残し或は離脱する恐があり、之が腐蝕の原因となる事は屢々経験する所である。故に之を除くために電気鍍金又は吹付法を施してから後に之を加熱擴散せしめる事もよい方法である。例へば軟鋼片にクロム鍍金してクロムを被覆し、次に之を 1100~1200°C に 5~10 時間加熱すると、クロムは鐵中に擴散して恰もセメンテーションを行つたと同様に丈夫な表面を得る事が出来る。

第二十二章

海水中に於ける各種保護被覆の試験

§ 131. 海水中に於ける保護被覆の適否 最近 Carl Barenfänger⁽¹⁾氏が獨逸國立運河局の依頼により、運河の水門に用ふる各種保護被覆の適否を研究したものがあつた。今之を茲に記述して第 20~21 章に既述せる各種被覆の適否の参考にしてみよう。

各種保護被覆の適否を判断するため出来る限り試料を同一條件の下に置き、又長き期間に亘て試験を行つた。主體金属としては鍊鐵及び鑄鐵を用ひ、その大きさを 40×50 釐となし、鋼刷毛で清淨となして塗料を施した。殆んど大部分の試料は 2 回塗料を塗り第 2 回目は 3 日後に行ひ、更に 4 日を經過して外氣に出すこととした。塗料を施した試料は壁又は板張に木釘を打ち壁又は板張より約 1 釐離して南向に垂直に吊した。同氏の研究所は瓦斯並に電気工場地帯に位し、キールフェルトのホルテンアウエル水門から僅に 100 米しか距つて居ないから、試料は潮風や煤煙、工場の廢氣に曝され、又運河を通る船舶の影響をも受け全くそのまゝ被覆に要求せらるゝ條件の下に置かれた譯である。

元來海水中に於ては單なる海水の作用のみならず blistering や貝類の影響を考へねばならない。貝類は塗料に穴を穿ち、之を地の金属から引離し blistering と相待つて大いに腐蝕を促進するものである。

(1) Korrosion u. Metallschutz, 4 (1928), 193.

實驗に用ひた塗料又は被覆は一試料に一種のみか又は二種を混合して用ひ、一方塗料には貝類の附着を防止すべき毒素を適當に混じた。

試料を海水中に吊すには電氣的作用を避けるため陶器の鈎を以つて水門中に吊した。試料は水門と共に搖れて流れに曝される譯である。

塗料を施すに當つては前述の様に注意して錆を取り去り、溫度及び下塗と上塗との間の時間等を正確に一定とすることに力めた。磨いた金属面の塗料の保持力は噴砂を以つて錆を除いたものが最も良好で、鋼刷毛之に次ぎ、化學的方法が最も劣つてゐる事を認めた。砂は珪石又は石灰石を用ひたのであるが砂の細きもの程良好な結果を示した。

次に試料を海水中に吊すのにその一部は秋に、他は春に海水中に入れた。その理由は秋には海水の作用のみしか問題とならない。又春には迅速に blistering と貝類の附着とが始まるからである。随つて後者の場合の塗料には新鮮な毒素を添加した。一方秋に吊したものはその時既に塗料の表面は變化を起し、毒作用は大いに衰へてゐた。

次に掲げた表は試験の結果である。結論としては今の所次の様なことしか述べ得ない。即ち水門に要せらるゝ様に 6 年も生命を有する塗料又は被覆は存在しない。試験の結果瀝青塗料が最も有効であつた。

第 179 表

| 番 號 | 被 覆 の 種 類 | 海 水 浸 漬 | | | 試 料 の 状 態 並 に 試 験 の 結 果 | | | 備 考 |
|-----------|--|----------------|----------------|------|------------------------------------|--------------------|--|-----|
| | | 始 | 終 | 期 間 | 1927 年 2 月 | 1927 年 7 月 28 日 | 1928 年 1 月 26 日 | |
| A. 亞麻仁油塗料 | | | | | | | | |
| 1 | 下塗: 鉛丹 1. 上塗: 鉛丹 2. 上塗: 鉛丹 | 年月日 26,7,27 | | | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 貝殼附着す 塗料軟化す | 27年7月28日 と同様 少しも錆びず | |
| 2 | 下塗: 鉛丹 1. 上塗: 鉛丹 2. 上塗: 鉛丹 (毒素を 含まず) | 26,7,27 | | | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 貝殼少しく附 着す | 貝殼の附着 鉛丹軟化する も少しも錆を 生ぜず、亞麻 仁油溶解す | |
| 3 | 下塗: 鉛丹 1. 上塗: シュワインフル ト綠 2. 上塗: シュワインフル ト綠 | 26,7,27 | 年月日 28,1,26 | 1年6月 | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 貝殼附着せず 全く軟化す | 完全に軟化す 貝殼の附着 錆 | |

| 番號 | 被覆の種類 | 海水浸漬 | | | 試料の状態並に試験の結果 | | | 備考 |
|------------|---|---------|---------|----|--|--|---------------------------------------|----|
| | | 始 | 終 | 期間 | 1927年 2月 | 1927年 7月28日 | 1928年 1月26日 | |
| 4 | 下塗:鉛丹 1. 上塗:鉛白(毒素なし) 2. 上塗:鉛白(毒素なし) | 年月日 | 年月日 | 1年 | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 塗料の効果消滅す 甚だしき貝の 附着 塗料軟化する 多孔質の錆 緑色の微光 | | |
| 5 | 下塗:鉛丹 1. 上塗:鉛白 2. 上塗:鉛白+5% 亞硫酸 | 26,7,27 | 27,7,28 | 1年 | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 塗料軟化する 貝殻の附着中 間塗料を透して 錆びる 所々緑色の微 光(海草) | | |
| 6 | 下塗:鉛丹 1. 上塗:1/2鉛白、1/2 シユワインフルト酸 2. 上塗:同上+5% 亞硫酸 | 26,7,27 | | | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 全く軟化する 貝殻附着せず | 27年7月28日 と同様 貝殻附着す 軽く錆を生ず | |
| 7 | 下塗:鉛丹 1. 上塗:亞鉛酸(毒素を 含まず) 2. 上塗:同上 | 26,7,27 | 27,7,28 | 1年 | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 塗料の効果既 になくなる 完全に軟くな る貝殻附着す 塗料を透して 錆び甚だし く錆を生ず | | |
| 8 | 下塗:鉛丹 1. 上塗:黒色油塗料 (毒素を含まず) 2. 上塗:同上 | 26,7,27 | 27,7,28 | 1年 | 變化を認め ず blistering 始まる 4月/5月 | 塗料蝕さる 甚だしき貝殻 附着す、塗料 を透して甚だ しく錆を生ず (下方)緑色の 微光(海草) | | |
| 9 | 下塗:鉛丹 1. 上塗:黒色油塗料 2. 上塗:黒色油塗料 +5%亞硫酸 | 26,7,27 | 27,7,28 | 1年 | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 塗料の効果消 失す、甚しく 貝殻附着す 刺しく塗料を 透して錆びる 塗料軟化する 緑色の微光 (片面) | | |
| 10 | | | | | | | | |
| B. 特種タール塗料 | | | | | | | | |
| 11 | 下塗:特種タール塗料 1. 上塗:特種の上塗塗料 | 26,7,27 | 27,7,28 | 1年 | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 全く破壊す 貝殻の附着少 し、錆を生ず | | |
| 12 | 下塗:特種タール塗料 1. 上塗:特種上塗塗料 | 26,7,27 | 27,7,28 | 1年 | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 塗料の効果全 く無くなる、 上塗破壊す、 貝殻の附着少 し、錆を生ず | | |
| 13 | 下塗:特種タール塗料 1. 上塗:ラック | 26,7,27 | | | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 塗料制膜す 鐵中に pitting を起 す、少量の貝 殻附着す | 27,7,28と同様 錆と貝殻の附 着一層甚だし くなる | |

| 番號 | 被覆の種類 | 海水浸漬 | | | 試料の状態並に試験の結果 | | | 備考 |
|---------|---|---------|---------|----|--|--|--|----------------------------------|
| | | 始 | 終 | 期間 | 1927年 2月 | 1927年 7月28日 | 1928年 1月26日 | |
| 14 | 下塗:特種下塗塗料を2 回塗す 1. 上塗:特種上塗塗料 2. 上塗:同上 | 年月日 | 年月日 | 9月 | | 甚だしく破目 を生ず、錆破 目にのみ生じ 塗料實用的に は保持せらる 貝殻附着せず | 27,7,28と同 様錆並に貝殻 の附着 | |
| 15 | 下塗:特種下塗塗料を2 回塗す 1. 上塗:特種上塗塗料 2. 上塗:同上 | 27,4,20 | 28,1,26 | 9月 | | 甚だしく破目 を生ず、然ら ざるものはよ く密着す | 27,7,28と同 様錆並に貝殻 の附着甚だし くなる | |
| C. 瀝青塗料 | | | | | | | | |
| 16 | 下塗:特種瀝青溶液 I 1. 上塗:特種瀝青溶液 I 2. 上塗:特種瀝青 (厚く) I | 26,7,27 | | | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 甚だしき貝殻 の附着 貝殻塗料に穴 を穿ち塗料押 上げらる | 27,7,28と同様 錆び始む | 瀝青塗料は 120°-130° に於て施さ る |
| 17 | 下塗:特種瀝青溶液 I 1. 上塗:特種瀝青 (厚く) I +2.5% 亞硫酸 | 26,7,27 | | | 變化を認め ず blistering 始まる 4月/5月 | 貝殻甚だしく 附着す 貝殻塗料に穴 を穿ち塗料押 上げらる | 27,7,28と同様 錆び始む | 瀝青塗料は 120°-130° に於て施さ る |
| 18 | 下塗:特種瀝青溶液 I 1. 上塗:特種瀝青溶液 I 2. 上塗:特種瀝青(厚く) I +5% 亞硫酸 | 26,7,27 | | | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 貝殻附着す 塗料貝のため 押し上げらる | 27,7,28と同様 然し貝の附着 一層刺しくな る、錆の發生 少し | 瀝青塗料は 120°-130° に於て施さ る |
| 19 | 下塗:特種瀝青溶液 I 1. 上塗:特種瀝青(厚く) I +5% シユワイ ンフルト酸 | 26,7,27 | | | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 塗料の pitting 少し 甚しく貝殻附 着す 塗料よ く保持さる | 27,7,28と同様 | 瀝青塗料は 120°-130° に於て施さ る |
| 20 | 下塗:特種瀝青溶液 I 1. 上塗:特種瀝青溶液 I 2. 上塗:特種瀝青(厚く) I +5% 酸化水銀 | 26,7,27 | | | 異状なし blistering 始まる 4月/5月 | pitting、甚し き貝殻の附着 或は塗料よく 保持せらる | 27,7,28と同様 | 瀝青塗料は 120°-130° に於て施さ る |
| 21 | 下塗:特種瀝青溶液 I 1. 上塗:特種瀝青溶液 I 2. 上塗:特種瀝青(厚く) I +2.5% 亞硫酸 +2.5% シユワイ ンフルト酸 | 26,7,27 | | | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 刺しき貝殻の 附着塗料に穴 を生じ押し上 げらるゝも毒素 を有せぬもの より良好 | 27,7,28と同様 | 瀝青塗料は 120°-130° に於て施さ る |
| 22 | 下塗:特種瀝青溶液 I 1. 上塗:特種瀝青溶液 I 2. 上塗:特種瀝青(厚く) I +2.5% 酸化水銀 +2.5% 亞硫酸 | 26,7,27 | | | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 数ヶ所の穴を 生ず 貝殻塗 料を透して附 着す 其他 の場合はよく 保持せらる | 27,7,28と同様 | 瀝青塗料は 120°-130° に於て施さ る |
| 23 | 下塗:瀝青溶液 II 1. 上塗:特種瀝青 II 2. 上塗:絶縁塗料 3. 上塗:赤色 | 27,4,20 | 27,7,28 | 3月 | | 塗料の効果な くなる、貝殻 の附着非常に 少し 塗料を 透して完全に 錆びる 被覆 緑色に變色す | | |

| 番號 | 被覆の種類 | 海水浸漬 | | | 試料の状態並に試験の結果 | | | 備考 |
|----|---|----------------|---------|----|--------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| | | 始 | 終 | 期間 | 1927年 2月 | 1927年 7月28日 | 1928年 1月26日 | |
| 24 | 下塗: 瀝青溶液 II 1. 上塗: 瀝青溶液 II 2. 上塗: 絶縁塗料 3. 及び 4. 上塗: 緑色保護塗料 | 年月日 27,4,20 | | | | 周縁蝕さる 塗料全く軟化す 貝殻少しも附着せず | 27,7,28と同様 | |
| 25 | 下塗: 瀝青溶液 II 1. 上塗: 瀝青溶液 II 2. 上塗: 絶縁塗料 3. 及び 4. 上塗: 赤色保護塗料 | 27,4,20 | | | | 保護塗料消失す、下塗は保持せらる | 27,7,28と同様 錆を生ぜず 貝殻も附着せず | |
| 26 | 下塗: 瀝青溶液 II 1. 上塗: 特殊瀝青 2. 上塗: 絶縁塗料 3. 及び 4. 上塗: 緑色塗料 (繪具) | 27,4,20 | 28,1,26 | 9月 | | 顔料駄目となる 錆塗料鐵板に達するまで破目を生ず | 27,7,28と同様 貝殻の附着 | 繪具顔料 120°に於て施さる 作業困難 |
| 27 | 下塗: 瀝青溶液 II 1. 上塗: 特殊瀝青 2. 上塗: 絶縁塗料 3. 及び 4. 上塗: 赤色塗料 (繪具) | 27,4,20 | 27,7,28 | 3月 | | 貝殻の附着少し 塗料を透して腐びる | | 繪具顔料 120°に於て施さる 作業困難 |
| 28 | 下塗: 特殊瀝青 III | 27,4,20 | 28,1,26 | 9月 | | 塗料貝殻のため押し上げらる | 塗料消失す 甚だしい錆と貝殻の附着 | |
| 29 | 下塗: 特殊瀝青 IV | 27,4,20 | | | | 塗料固く保持せらる少し 貝殻附着し塗料押し上げらる | | |
| 30 | | | | | | | | |

D. 金属性被覆

| | | | | | | | | |
|----|----------------------|---------|---------|----|------------------------------------|--|--|--|
| 31 | 亜鉛吹附法 | 26,7,27 | 27,7,28 | 1年 | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 深き pitting 甚だしい錆 貝殻の附着 緑色の微光 | | |
| 32 | 鉛吹附法 | 26,7,27 | 27,7,28 | 1年 | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 貝殻附着す 鉛比較的固く 保存せらる | | |
| 33 | 吹附法: 亜鉛の下地にアルミニウム | 26,7,27 | 27,7,28 | 1年 | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 剥離す 甚しき貝の附着 下方より錆びる 刺しき緑色の微光 (海草) | | |
| 34 | 吹附法: 亜鉛の下地に銅 | 26,7,27 | 27,7,28 | 1年 | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 破目を生じ易し galvanic pitting, 銅剥離す 貝の附着非常に少し | | |

| 番號 | 被覆の種類 | 海水浸漬 | | | 試料の状態並に試験の結果 | | | 備考 |
|----|-------------------------|----------------|----------------|------|--------------|------------------------------------|---|------------|
| | | 始 | 終 | 期間 | 1927年 2月 | 1927年 7月28日 | 1928年 1月26日 | |
| 35 | 吹附法: 亜鉛の下地に眞鍮 | 年月日 26,7,27 | 年月日 27,7,28 | 1年 | | 異常なし blistering 始まる 4月/5月 | 保持せらる 中央部の被覆 裂目を生ず 緑色の微光 blistering 進む | |
| 36 | 吹附法: 亜鉛の下地に錫 | 26,7,27 | 27,7,28 | 1年 | | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 刺しく錆びる 貝殻の附着 | |
| 37 | 耐錆鋼吹附 (一面はそのまゝ磨き置く) | 27,4,20 | 27,7,28 | 3月 | | | 全く破壊す 貝の附着、錆、 緑色の微光 | |
| 38 | 亜鉛吹附の上に特殊ラックを塗布 | 26,7,27 | 27,7,28 | 1年 | | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 下方に於て一 部被覆を透して 錆びる 貝殻少しも附着 せず、緑色の 微光 | |
| 39 | クロム鍍金せる鐵板 (一面は粗、他は密) | 27,4,20 | | | | | 粗面良好 滑面は被覆剥 落す | |
| 40 | アルミニウム合金 (一面粗他は密) | 27,4,20 | 28,1,26 | 9月 | | | 片面甚しく破 壊す 貝殻の附着 滑面多少良好 | 27,7,28と同様 |
| 41 | 耐錆鋼 | 26,7,27 | 28,1,26 | 1年6月 | | 變化なし blistering 始まる 4月/5月 | 殆んど變化せ ず 貝殻の附着 | 27,7,28と同様 |

E. セルローズ塗料

| | | | | | | | | |
|----|----------------------|---------|---------|----|--|--|---|--|
| 42 | 下塗: ザボンラック | 27,4,20 | 27,7,28 | 4月 | | | 塗料効果を失ふ 甚しき貝 殻の附着 塗料を透して 甚しく錆を生ず 緑色の微光 | |
| 43 | 下塗: セルローズラック (黄色) | 27,4,20 | 27,7,28 | 4月 | | | 鐵板甚しく腐 蝕せらる 塗料最早存在 せず | |
| 44 | 下塗: セルローズラック (青色) | 27,4,20 | 27,7,28 | 4月 | | | 鐵板腐蝕せら れて用をなさ ず 塗料既に 消失す | |
| 45 | 下塗: セルローズラック (緑色) | 27,4,20 | 27,7,28 | 4月 | | | 鐵板用をなさ ず 塗料既に 消失す | |

第六編

鐵鋼の豫備知識

第二十三章

鐵鋼の物理冶金學

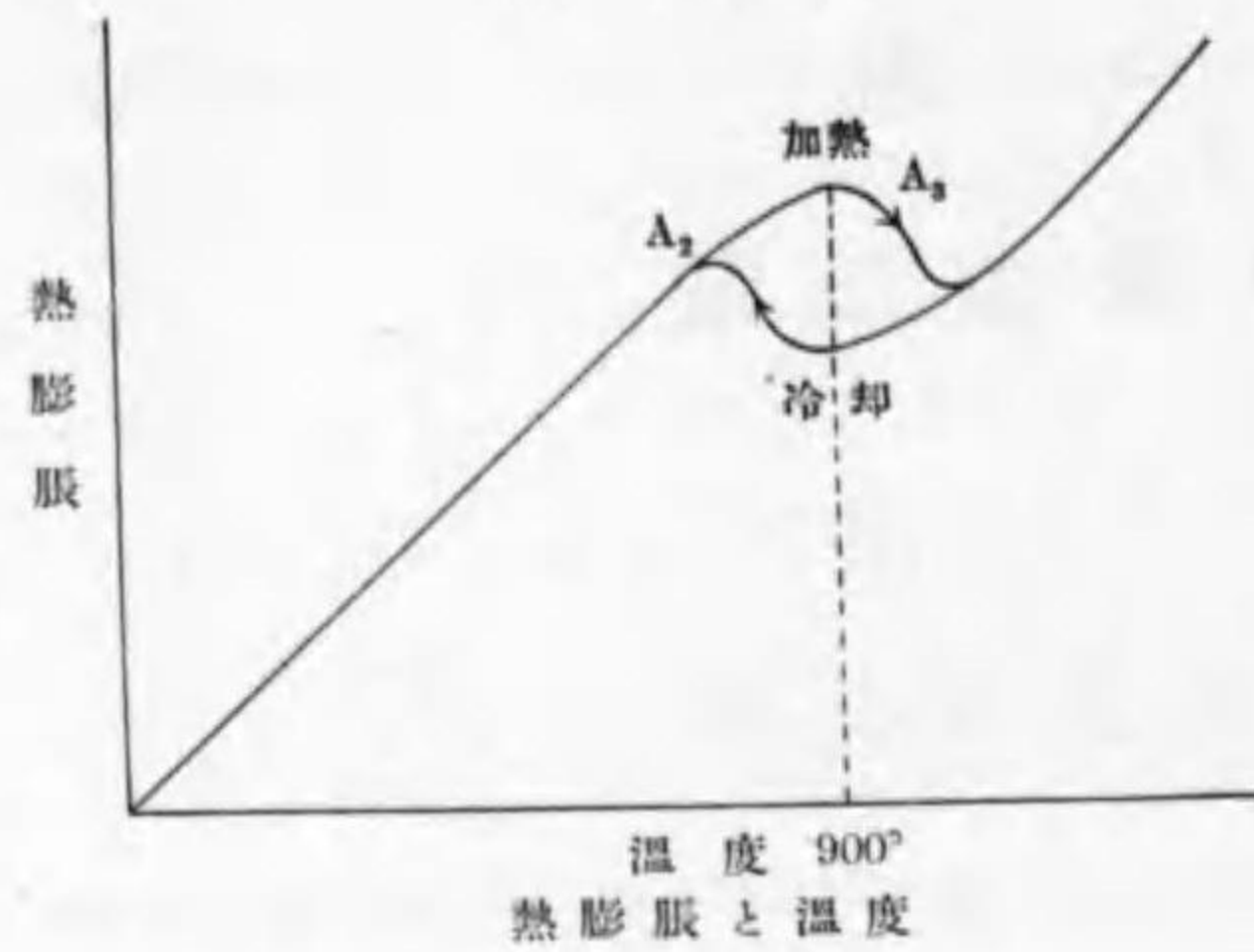
鐵は週期律表に於て第 VIII 屬第 3 週期に屬する元素で原子番號は 26, 原子量は 55.84 を有する單體である。而して地殼中アルミニウムに次いで最も多量に存在するもので古來より盛に使用せられ、現今に於ても亦金屬材料中最も多く使用せられてゐるものであるから、現代人にとつて必要可くべからざる重要な材料の一つである。純鐵は餘りに強いものでなく使用に不利の點が少くないが、之に少量の他の元素を加へると其性質は著しく改善せられ、純鐵に比較して遙に強靱性に富み、硬度の大なる金屬材料中最優秀なものとして使用せられる。鐵合金即ち鋼がそれである。鋼とは鐵に 2~3% 以内の炭素と更に之にニッケル、クロム、マンガン、バナヂウム 其他の元素を加へて合金とせる炭素鋼、之に多量のニッケルの入つたニッケル鋼、多量のクロムの入つたクロム鋼其他である。斯の如く鐵には微妙な性質があると同時に鋼も亦巧に製造し鍛鍊熱練せられてなほ一層有効に使用せられるものである。腐蝕材料として是等の事實について豫めの知識を有する事が必要である故に、茲に是等の材料を取扱ふ上の豫備知識となる事實を略述する次第である。

第一節 純鐵の變態

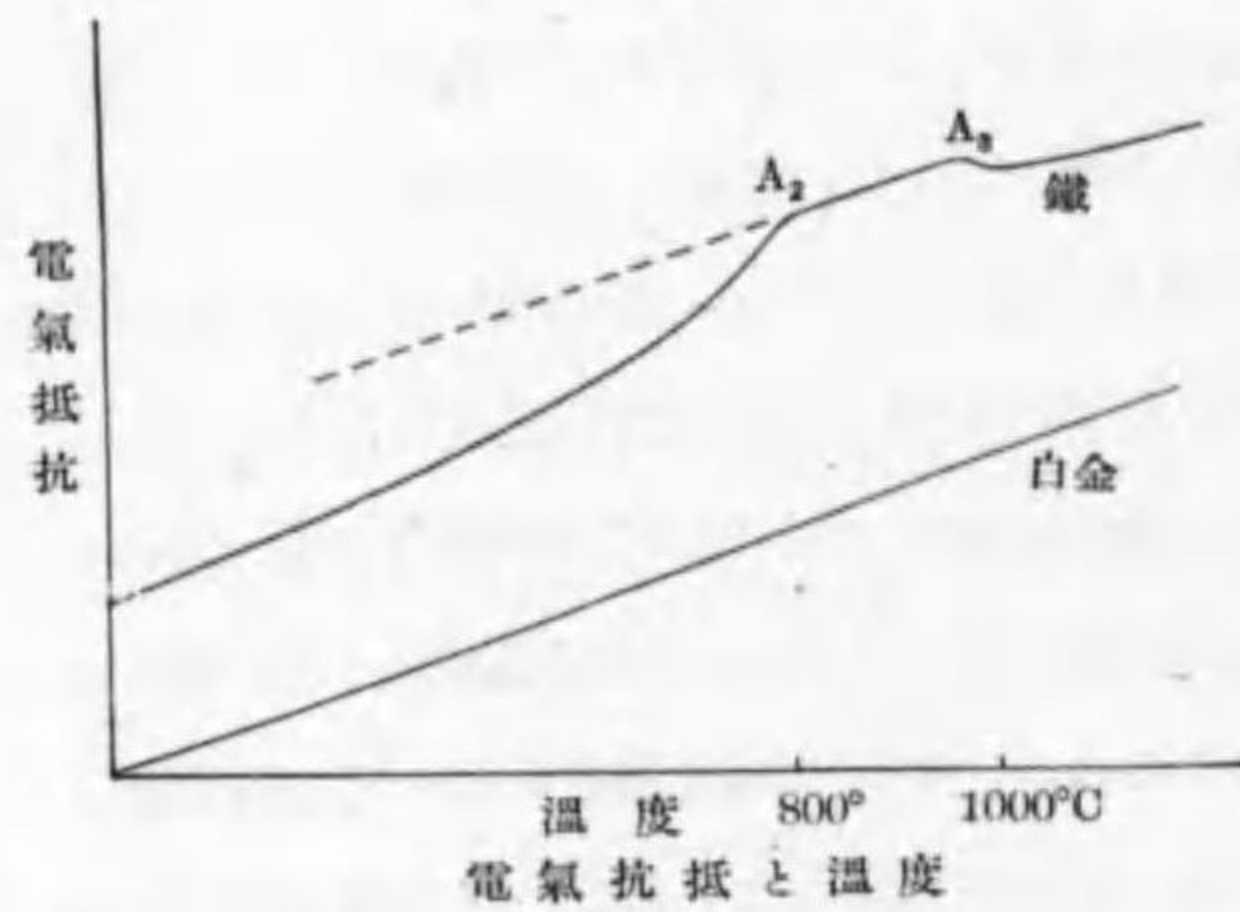
§ 132. A_3 變態と A_1 變態 純鐵を加熱してその温度を上昇せしめてゆくと或る一定の温度即ち 910°C に於て鐵の性質は急激に變化する。之を鐵の變態と名づけ其温度を A_3 變態點と呼んでゐる。斯の如く一つの物質が變態すれば同時にその物質の物理的性質は變

化するものであるから、逆に或る物質が變態するかどうかを知るには、溫度を變化せしめてその物理的性質が如何に變化してゆくかを見ればよい譯である。若し一定の溫度に於て物理的性質に不連続的の變化があればその物質は異つた種類のものに變化したものである。上記鐵の A_2 變態を知るには鐵の熱膨脹、電氣抵抗、磁氣の強さを溫度の上昇と共に測定してゆけばよい。第 112 圖は熱膨脹の變化を示したもので 910°C 附近に於て變態の存在する事が見られる。斯の如き變態は物質の内部的變化であるからある物理的性質に於て變態が現れれば他の物理的の性質に於ても現はれる譯である。第 113 圖と第 114 圖は電氣抵抗と磁氣の強さについて測定した曲線で、何れも 910°C 附近に於て A_2 變態が見られる。但し電氣抵抗の變化には著しく現はれてゐない。第 113 圖には白金の電氣抵抗曲線を示しておいたが、之には變態點がないからその融點まで何等の變化も現はれてゐない。第 114 圖の磁氣の強さと溫度の関係曲線を詳述すると普通に鐵は 800°C 附近までは強磁性であつて、溫度がそれ以上になれば大部分の磁性は失はれてしまふ

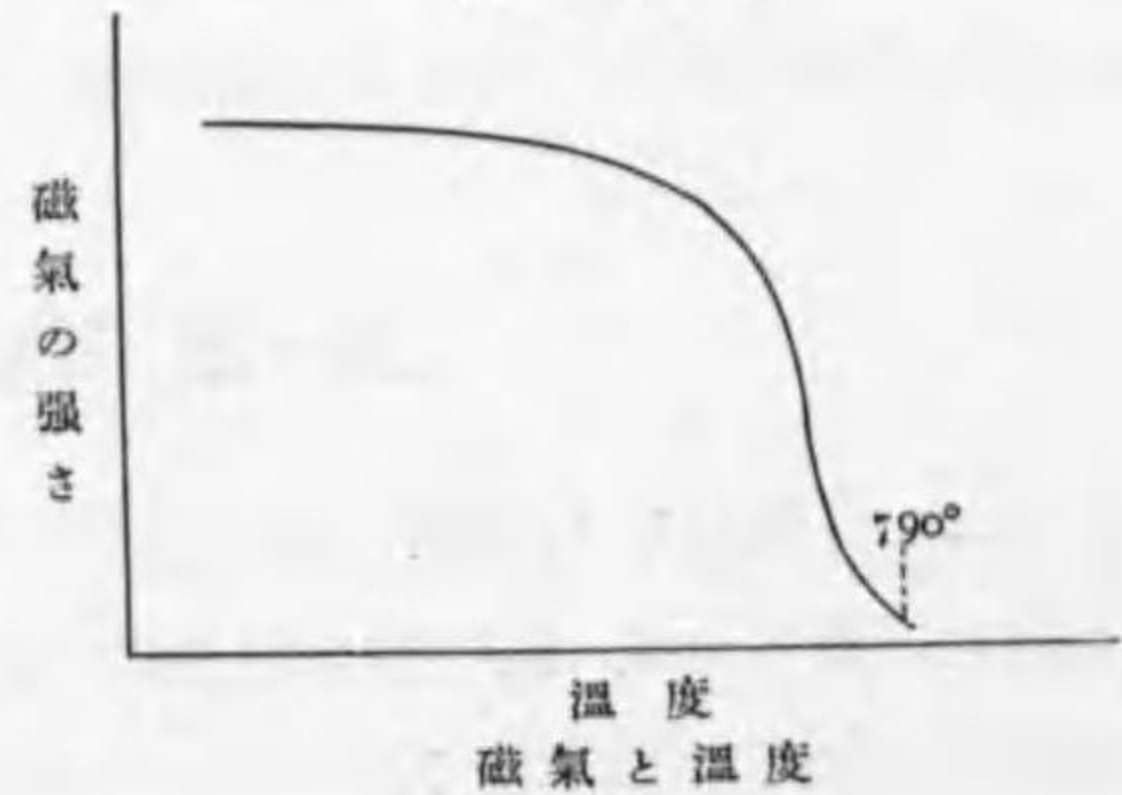
第 112 圖



第 113 圖



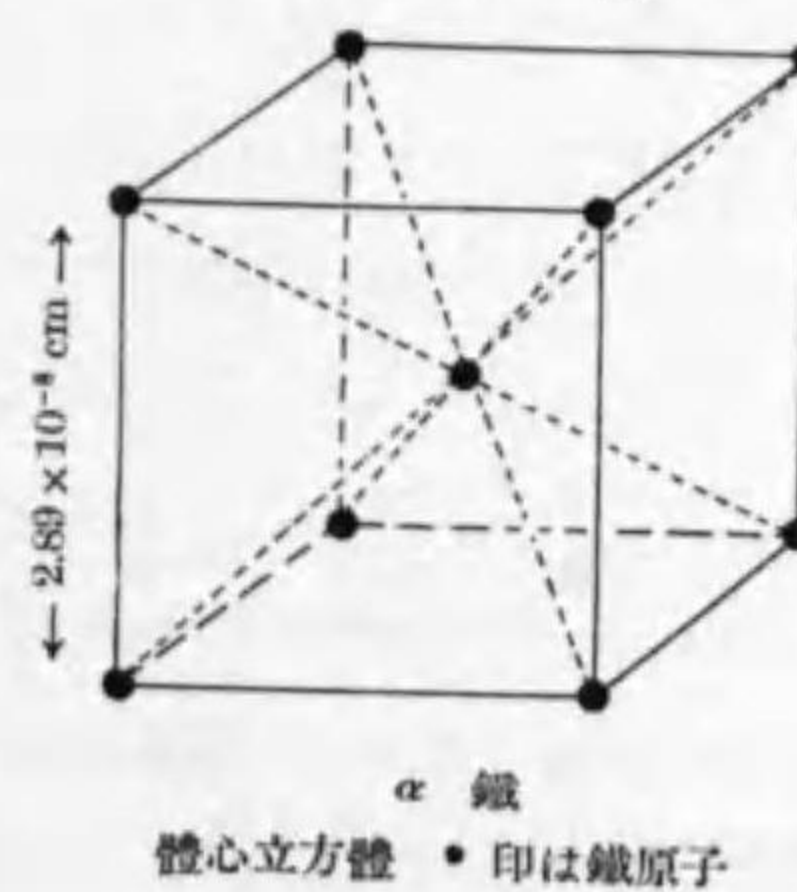
第 114 圖



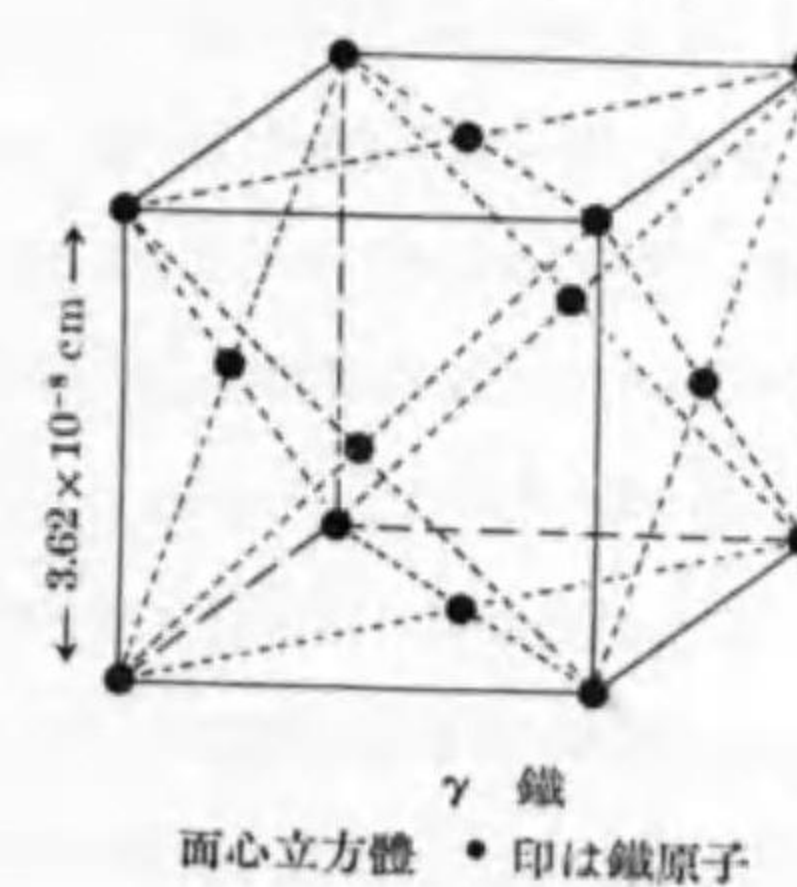
ものであるが、その磁性が全くなくなるものではない。 800°C 邊より磁氣は急激に減少して 900°C に於ける A_2 變態で不連続的に弱くなり或一定の値に達する。それよりなほ一層溫度を上昇すれば 1400°C 附近までは磁氣の強さに増減がなく一定値を示すものであるが、 1400°C に於て磁性は稍々強くなる。之は第 2 の變態で A_1 變態と名づけられ、其溫度を A_1 點と呼んでゐる。而して磁性は 1400°C 以上になると再び減少してゆく。この A_1 變態は膨脹曲線にも亦 1400°C に現はれ、長さの變化は A_2 の收縮と反對に A_1 點で急激に膨脹する。純鐵はそれ以上なほ溫度を上昇せしめれば遂に 1530°C に於て熔融して融態となる。この 1530°C も亦一つの變態點であるが鐵の熔融點であるから他の變態點とは判然と區別する事が出来る。随つて特別に符號はつけてない。純鐵は是等の變態點を區切りとして A_2 點以下の状態にある鐵を α 鐵と云ひ、 A_2 と A_1 間の鐵を γ 鐵、又 A_1 以上熔融點までの鐵を δ と云ふてゐる。昔は β 鐵の存在を主張したのもあつたが、現今に於ては本多博士の提唱せられる如く β 鐵は α 鐵と全く同じものであるから β 鐵の存在は抹殺されてゐる。(§ 134 参照)

§ 133. 變態と原子配列 前述の如く純鐵には 910°C と 1400°C とに於て現はれる二つの變態がある。この變態は物質の内部變化に基因するものである。而してこの變化が如何なるものかその原子配列の状態は X 線分析法によつて調べる事が出来る。一片の鐵をとつて顯微鏡によつてよく觀察すれば微細な小さな結晶の集りである事が知れる。即ち鐵は結晶學上に於て立方晶系に屬すもので、立方形の小結晶が無數により集つて一塊をなし

第 115 圖



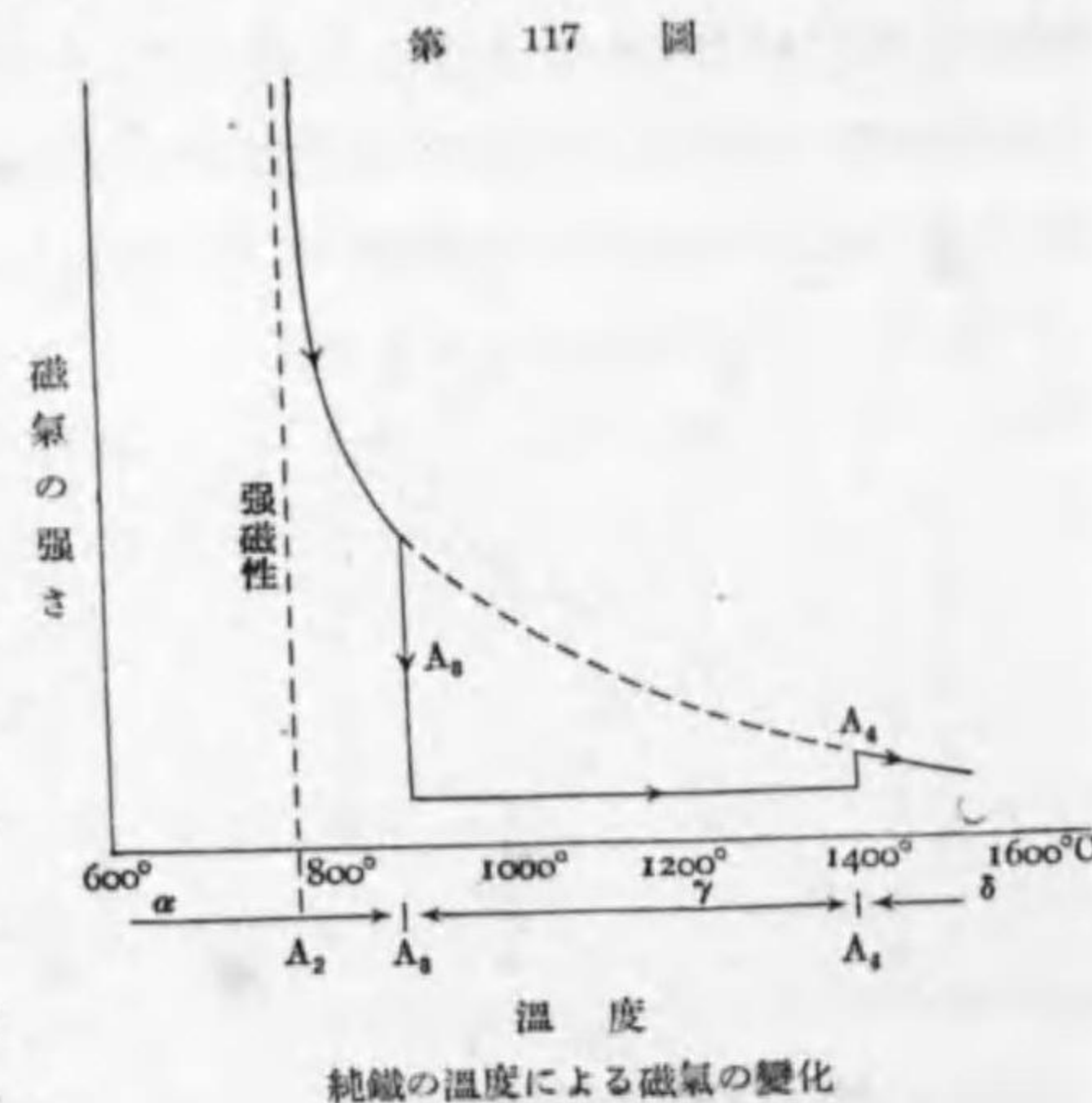
第 116 圖



てゐる。而して小結晶は種々の方向にむいてゐるが、一つの結晶内に於ては原子は規則正しく整然と配列せられてゐる。X線分析の結果によると常温に於ける α 鐵の原子の配列は第115圖に示された如くで鐵原子は立方體の8個の頂角と中心に存在せる體心立方體 (body-centred cube) で單位立方體の邊の長さは 2.89×10^{-8} 厘米である。この原子配列は温度が 900°C まで上昇してもこの配置には異常がなく、單に熱膨脹によつて單位立方體の邊の長さ即ち原子間の距離が少し増大するに過ぎない。即ちX線の研究によつても鐵は 900°C 以下常温まで變態點をもたぬ事が知れる。

次に鐵の温度を A_2 點の 910°C 以上に上昇せしめてX線スペクトルをとつてその原子配列を調べると第116圖に示す通り面心立方體 (face-centred cube) で、單位立方體の邊の長さは 3.62×10^{-8} 厘米で α 鐵のそれに比して約4割程大である。即ち加熱の際は鐵原子は A_2 變態點で體心立方型の配列より面心立方型の配列に變化する譯である。又冷却の際には反對に面心立方型より體心立方型に變化する。これより明なる如く α 鐵は體心立方體 (又は格子) であり、 γ 鐵は面心立方體 (又は格子) なる事が知れる。 A_2 變態は鐵原子の體心立方型より面心立方型へ變化するものであるから原子配列は最も密になる。随つて之は收縮である。實際にX線分析によつてその格子常數 (稜の長さ) より體積の收縮する量を計算すると獨立に熱膨脹の測定より實測した値とよく一致するのである。

次に A_1 變態の本性を知る前に第117圖に示せる磁氣の強さ對温度曲線について再び之を検すると、 A_2 變態以前の曲線と A_1 變態以後の曲線とは一つの曲線によつてよく連絡せられ得る事が知れるのである。又熱膨脹による長さの變化對温度曲線に於ても同様な事實が見出されてゐる。是等の事



實によつて本多博士は A_1 變態は原子配列が γ 型から再び α 型に戻るのではなからうかと想像せられて之を世に提唱せられたものであるが、果して後年X線分析によつてこの考が正しい事が實證せられた。即ち $1,400^\circ\text{C}$ 以上に於ける原子配列は γ 型より再び α 型に戻るのである。加熱の際 A_1 變態で γ 鐵より再び α 鐵に戻り、冷却の際には逆に α 鐵より γ 鐵に變化するのである。この事實より前述せる δ 鐵は α 鐵と同一のものである事がわかる。

§ 134. A_2 變態或は磁氣變化 800°C 以上に於ける純鐵の變化は上述の如く明であるが、 800°C 以下に於て純鐵には變態のない事を既述した。而して現今に於てこそこの事實は確定せられたものであるが、近年迄 800°C 以下即ち 750°C に於ても變態を生じ 750°C と 910°C との間の鐵を α 鐵と區別して之を β 鐵と呼んでゐた。本多博士は以下述べる所の理由によつて A_2 變態は純粹の變態即ち相の變化にあらざる事を立證し、 β 鐵は α 鐵と全く同様なものなれば之を抹殺すべき事を主張し、十數年來内外の雑誌にその意見を書きつけて來た。而して現今に於ては既にこの問題も決定し反對意見を唱へる者も殆ど無い位となつた。

磁力計を使用して純鐵を熱しつゝその磁氣の強さを測つてゆくと、第117圖に示す如く常温より温度が昇るに従つて少しづつ磁氣は弱つてゆく。なほ加熱をつゞければ 500°C より 700°C 邊でその減少は稍々急激となり、 750°C 附近に於ては最も著しく、 790°C に上昇して遂に磁氣の大部分を失つて終ふ。斯の如き 750°C に於ける急激な磁氣的變化を見てこの點を A_2 點と名づけて之を變態と考へ、 A_2 以下を α 鐵其以上を β 鐵と呼んだ。随つて鐵の強磁性は α 鐵の特性であり、また β 鐵に變態するために磁氣を消失するものと考へてゐた。然れどもこの事實を仔細に考へれば純鐵のみを取扱ふ一元系であるから、 α より β 或は逆に β より α へ變態が起るものとすれば、相律上より見てこの變態は不變系で自由度は零であるべき筈である。換言すれば恒壓の下に於ける A_2 は全く一定の温度で起らなければならない。然るに第117圖の如く 750°C 附近に於ける變化は急激であるが決して不連続的のものでなく、温度と共にこの變化は進行してゐるのである。即ちこの變化は所謂漸進的の變化で一定の温度に於て起るものではない事がわかる。茲にこの事實は加熱或は冷却の速度が速いために一定温度で起るべきものが、その餘裕のないため少し

く広い温度の範囲に亘つて起つたものと疑つて疑はれない事もない。或は又試料全体の温度が均一でないために加熱の時はより高温の部分より、又冷却の時はより低温の部分より變態が起つてゆくために斯の如く不連続的になるものではなからうかと云ふ疑問も起る譯である。しかれどもこの初めの疑問が果して正しければ加熱の時は少しく高温の方へ、冷却の時は低温の方へ曲線がずれてその二つは一致しない筈である。實際加熱及び冷却を徐々に行へば加熱曲線と冷却曲線とは全く一致する。而して加熱及び冷却を如何に緩漫に行ふとも決して一定温度に起る變化とはならない。又後者の疑問が眞なれば徐々に加熱冷却を行へば少くとも試料中に於ける温度差の範囲内に於て一定温度の變化とならなければならぬ。然るに如何に温度分布の一樣なる電気爐中で加熱するも恒温變化とはならない。斯の如き理由によつて純鐵の磁氣的變化は常温より 790°C 邊まで漸進的に變化してゆくもので連続的變化である。随つて A_2 を變態と考へる事は正しくない。本多博士の説によれば在來の説は磁氣的變化の最急な 750°C 邊を A_2 點としてゐるが、之は連続的變化の途中を捉へて云へるものであるから何等の意味がない。故に同博士は加熱の時に磁氣の失はれ、冷却の時それが現はれ始める温度即ち 790°C を A_2 點と定めてゐる。但し精密の意味に於ては前述の如く鐵の強磁性はこの點で全部失はれるものでなく、 A_2 點まで繼續する。而し強磁性體で磁力測定には磁力計を用ひ、之によつて磁氣を測りうる範圍を強磁性と稱するものであるから、この習慣に習つて 790°C を A_2 とせられたものである。 A_2 變化は電気抵抗の曲線にも亦よく現はれ、温度の上昇と共に A_2 附近までは可なり上向きに彎曲した曲線に沿ふて抵抗を増加し、 A_2 點より稍々直線的となり、 A_2 に到つて極めて僅少ではあるが不連続的に抵抗を減少する事は既に知れる所である。即ち電気抵抗に於ても A_2 變化の様子は磁氣的變化とよく似て、磁氣的變化の大なる所では抵抗の増加も亦大である。而して A_2 點以上磁氣的變化の著しくない所では抵抗の變化も亦小さい。しかも常温より A_2 點までは全く連続的の變化をなしてゐる。 A_2 變化は膨脹曲線には明瞭に現はれない。

以上の事實によつて A_2 變化は純鐵の A_2 變態又は A_1 變態とはその趣を大いに異したもので、たゞ便宜上磁氣の失はれる終點 790°C を A_2 點と名づけただけで、變態點と云ふ重要な意味をもつてはゐない。即ち磁氣の臨界點 (critical point) に過ぎない。随つ

て 790°C より 910°C までの鐵を β 鐵と云ふ特別なる名稱を付する事は全く無意味である事が知れる。

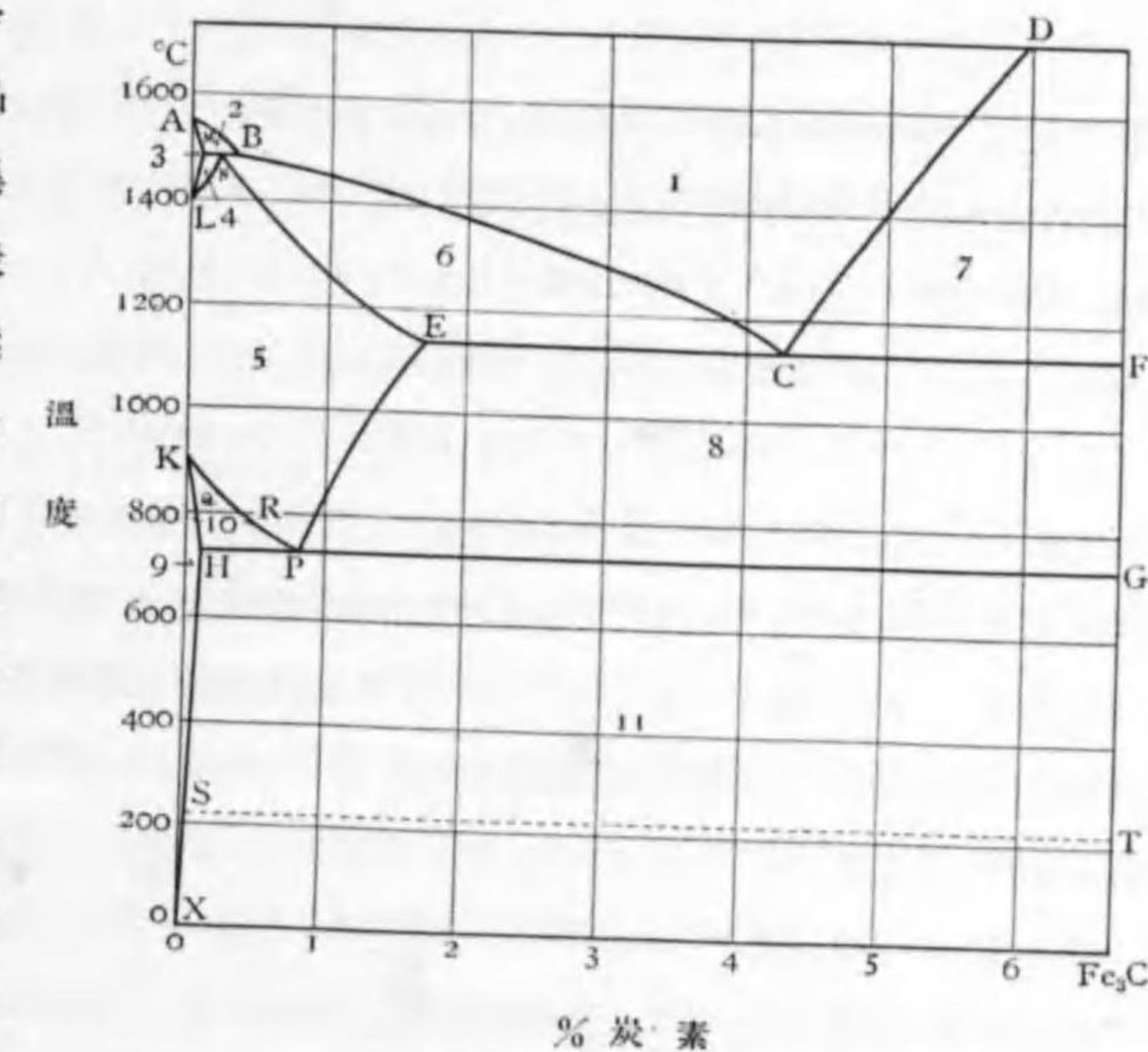
次にこの A_2 變化の内容を又 X 線分析によつて調べると原子配列には何等の變化も起らない。又 A_2 變化に相當する内部變化は温度の一定の函数で原子自身のもつエネルギー變化と云ふべきものである。而してこのエネルギーは強磁性體に特有な原子廻轉のエネルギーか或は温度に無關係な内部エネルギーである。若し A_2 變化が原子エネルギーの變化によるものであるとすれば變化は温度の連続的函数であるべきである。随つて之に基因する磁氣の變化も連続的でなければならない事となり實際の變化と一致する。

第二節 鐵-炭素系の状態圖

§ 135. 相則と鐵-炭素二元合金の状态圖の説明 上述の如く純鐵には固態に於ける相

第 118 圖

α, γ, δ と融態との 4 相が存在し、各々一定の變態點と結晶形を有し又性質を異にするが、今之に炭素を加へると其變態點は添加せる炭素量と共に漸次に變化する。又炭素の溶解度は α, γ, δ 鐵夫々異り、温度の高低によつても亦變化する。又鐵の熔融點も炭素の加はるに従つて漸次降下する。是等の



鐵-炭素系合金の状态圖

状況即ち温度及び添加せる炭素の濃度によつて鐵・炭素系合金の組織、換言すればその合金を作る組織成分が如何に變化するかを圖に示したものが状態圖 (Equilibrium diagram) である。第 118 圖は鐵・炭素系の状態圖の一部で、鐵とセメント系系の平衡状態を表はし縦軸は温度、横軸は炭素量を表はしたものである。

相律に於て

$$f(\text{自由度}) = n(\text{成分の数}) + 2 - r(\text{相數})$$

の一般系に於て鐵と炭素二元系の場合は成分數 $n=2$ であるから

$$f = 2 + 1 - r = 3 - r$$

(i) 先づ均一の相よりなる場合を考へれば上式に於て $r=1$ と置けばよい。

故に

$$f = 3 - 1 = 2$$

自由度は 2 であるから 2 變系 (Divariant system) となり、温度と濃度の兩者とも同時に變化せられうるもので融態又は固溶體がこの系に屬する。

(ii) 2 相の共存する場合には $r=2$ とおけばその時の自由度は

$$f = 3 - 2 = 1$$

即ち 1 變系 (Monovariant system) であるから變數 2 種の中一方を定めれば他の方値は自ら定まり、平衡状態は全く固定せられる。而して之に相當する状態としては液相と液相、液相と固相、固相と固相の平衡する系で、線で表はされるものである。

(iii) 3 相の平衡する場合には $r=3$ であるからその時の自由度は

$$f = 3 - 3 = 0$$

自由度の零である事は平衡すべき 3 相の温度と濃度は自然に定まるもので不變系 (Non-variant system) に屬するものである。上記の状態圖に於て之を云へば包晶線上に於ける M, N, B 及び共晶線上に於ける E, C, F 及び共析線上に於ける H, P, G であるが、何れの場合に於ても 3 相の温度と濃度とは自ら定つて如何ともする事が出来ない。若し無理に温度或は濃度を變ぜようとするれば 3 相の平衡は破れてその中の 1 相或は 2 相は失はれて 1 變系又は 2 變系に遷つてゆく。

又共存する相の數が 3 より多くなれば自由度は負數となる。随つて平衡状態にある二元合金には 4 相も 5 相も共存する事はない譯である。また丁度常温に於て不變系の平衡を生

ずる事は殆どないから常温に於ける二元合金の示すべき相數は 2 をもつて最高とする譯である。

是等の事實を知つて状態圖第 118 圖に示された各點及び線の意味を簡単に記述すれば次の如くである。

A 純鐵の熔融點 (1530°C)

L 鐵の A_4 變態點 $\delta \rightleftharpoons \gamma$ (1400°C)

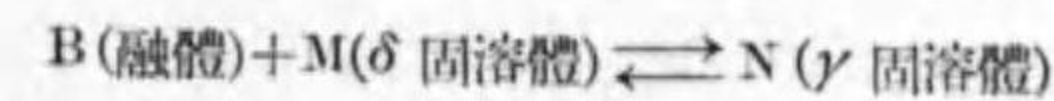
AB δ 固溶體に對する液相線 (又は初晶線) で鐵炭素融體より δ 固溶體の品出し初める温度を示す曲線である。又右方に降下せる事は炭素量が増すに従つて δ 固溶體の品出し初める温度が降下する事を表はす。

AM δ 固溶體に對する固相線 (又は完晶線) で炭素量 0.07% 以下の鋼に於て δ 固溶體の品出しが完結する温度を示す曲線である。右方に降下する事は 0.07% まで炭素が増すに従つて δ 固溶體の品出しの完結する温度が降下する事を表はす。

LM δ 固溶體より γ 固溶體に變化し初める温度を示す曲線である。

LN δ 固溶體より γ 固溶體に變化し終る温度を示す曲線でこの兩者が右方に上れる事は炭素量が増すに従つて A_4 變態の始點と終點とが上昇する事を示す。

MNB 包晶線で次の包晶反應の起る温度を表はすものである。



1487°C で炭素量 0.07~0.36% の合金に起る。

BC γ 固溶體に對する液相線 (又は初晶線) で冷却に際して融體より γ 固溶體が品出し初める温度を示す。

NE γ 固溶體に對する固相線 (又は完晶線) で融體より γ 固溶體が品出し終る温度を示す。この兩曲線が右方に下れる事は炭素量の増すに従つて γ 固溶體の品出しする温度と終る温度が共に降下する事を表はす。

CD セメント系 Fe_3C の初晶線で融體よりセメント系の品出し初める温度を示す。随つて又この曲線は融點に於けるセメント系の溶解度曲線である。

の右方に上昇する事は温度の上昇と共に炭素又はセメンタイトの溶解度が増加する事を示す。

又曲線 AB, BC 及び CD は加熱に對して固體が全部熔融し終る温度を表はす所の融解曲線である。

C 共晶點で炭素量は 4.3% 温度は 1130°C である。γ 固溶體 E (炭素量 1.7%) とセメンタイトとが融體より同時に晶出する點である。

E 1130°C に於ける γ 固溶體で γ 鐵にセメンタイトの飽和せる點で炭素量は 1.7% である。

ECF 共晶線で 1130°C に於て炭素量 1.7% より 6.67% のセメンタイトに相當する點まで擴る。而してその水平なる事はこの範囲内の合金は同一温度に於て共晶をつくる事を意味する。

EP セメンタイトの初析線で γ 固溶體よりセメンタイトの析出し初める温度を示す曲線である。随つて又 γ 固溶體に於けるセメンタイトの溶解度曲線でもある。之を Acm 線と呼んでゐる。

K 鐵の A₂ 變態點 $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ 910°C

KP α 固溶體の初析線でその右方に下れる事は γ 固溶體より α 固溶體の析出即ち γ より α に變態し初める温度が炭素量を増すに従つて降下する事を示す。

P 共析點で温度は 727°C 炭素量は 0.9% である。α 固溶體とセメンタイトとが γ 固溶體より同時に析出する點である。

HPG 共析線で温度は 727°C 炭素量は 0.1% より 6.67% の間に擴つてゐる。即ち總ての鐵炭素合金はこの温度に於て共析晶を析出する。

KH 炭素量が 0.1% 以下の鋼に於て γ 固溶體より α 固溶體の析出し終る温度を示す。

HX α 固溶體中に於けるセメンタイトの溶解度曲線である。但し α 固溶體中に於けるセメンタイトはその溶解度は極めて小さくはあるが常温に於て炭素量 0.01% 以下で共析温度に於ては約 0.035% 位溶解すると考へられて

ゐる。即ち温度が降下するに従つて溶解度は少しく減少するからこの曲線は少しく左方に傾いてゐる。

QR A₂ 變態の點で α 固溶體が磁氣的變化をなす温度である。

ST A₁ 變態の點でセメンタイトが純鐵の A₂ 變態と同様に磁氣的變化をなす温度である。両者は共に變態ではないから之を點線で表してある。

次に是等の曲線によつて區分せられた各状態の區域の組織成分を示すと次の如くである。

| | |
|---------------------|-----------------------|
| 區域 1.....融 體 | 區域 7.....セメンタイト+融體 |
| „ 2.....δ 固溶體+融體 | „ 8.....セメンタイト+γ 固溶體 |
| „ 3.....δ 固溶體 | „ 9.....α 固溶體 |
| „ 4.....δ 固溶體+γ 固溶體 | „ 10.....α 固溶體+γ 固溶體 |
| „ 5.....γ 固溶體 | „ 11.....α 固溶體+セメンタイト |
| „ 6.....γ 固溶體+融體 | |

茲に γ 固溶體を Austenite 又は大洲田と呼んでゐる。而して固溶體とは水に砂糖が溶けて全部一樣な砂糖水が出来る如き現象が固體の状態に於て起る場合で、即ち固體の鐵にセメンタイトが溶解して原子的に混合した等質の物質が出来たものを云ふ。随つて如何に擴大度の異なる顯微鏡を使用しても鐵とセメンタイトとを區別する事は出来ない。一般に二物質が斯の如き状態に混合するとき之を固溶體と呼んでゐる。故に大洲田は γ 鐵にセメンタイトの溶解した固溶體の鋼である。(§ 88 参照)

第三節 鋼の變態

§ 136. 鋼とは? 鋼の定義については今なほ議論せられてゐる。從來 2 様の説があり、その一は鋼の性質又はその製造法によつて定義せるもので、その二は成分を主として定義したものである。例へば熔解によつて製造せられ且つ可鍛性を有する鐵の一種又は焼入によつて硬度を増すものを鋼と名づけた。しかれども焼入によつて硬度を増すと云ふも之に程度があり、又焼入後の硬度は炭素量と共に連続的に増加するものであれば鋼を定義する事は困難である。現今に於ては鐵を全く含まない他の合金も亦焼入によつて硬化する

ものが多々あるから、愈々もつてこの定義はよくない事が知れる。次に又製造法による定義も現今に於てはその製鋼法が日月と共に改良せられてゆくから、同一成分の材料でも鋼と呼ばれたり又は呼ばれなかつたりする事が當然起る譯である。それ故に成分を主とした定義によるのがよく、鋼とは炭素の含有量の少い鐵合金とすればよい。本多博士の説に従へば鋼には鐵に存在しない變態がある故に、この變態(後述の A_1 變態)によつて鋼のもつべき炭素の最低量を定めて之を 0.035% とした。即ちこの A_1 變態の大きさは炭素の量にほぼ比例して減少し、炭素量が零にならない前にこの變態は消失する。即ち炭素 0.035% 以下には之が存在しない。但しこの量は變態温度 727°C の下に於て鐵が α 固溶體として溶解しうる炭素の最大限度である事は前述の状態圖によつても知れる。斯の如き理由によつて鋼の含有すべき炭素の最低限は 0.035% と決定せられたが、次に最高限の方は上記状態圖によつて知れる如く、鐵が高温で溶解し得る炭素の最高量が 1.7% であるから之をもつて最高限とした。即ち鋼とは炭素を 0.035~1.7% を含有せる合金であると定義せられた。

斯の如く鋼は鐵炭素の合金であるが、状態圖より知れる如く、炭素はセメンタイトとして鐵と機械的に混合してゐる。このセメンタイトは脆くはあるが極めて硬いものであるから鋼は炭素量の多いものほどセメンタイトの量が多くなり、随つて硬さを増すものである。即ちセメンタイトの多少によつて硬度が異なるので、この硬度によつて鋼を分け、最も軟いものを極軟鋼(0.2% 以下) その次のものを軟鋼(0.2~0.5% C) 之より硬いものを硬鋼(0.5~1.0% C) 更に硬いものを極硬鋼(1.0% C 以上) と呼んでゐる。随つてこの分類は極めて大略のものでその間に判然たる界はない。

§ 137. 鋼の A_1 變態 鋼の 1400°C 以上に於ける加熱及び冷却の過程については茲には省略するが、炭素量 0.36~1.7% の合金についてその過程を略述すると(状態圖参照) 0.36% 以上の鋼は融體より凝固する際には δ 固溶體を品出しない。BC 線に交はる點 l の温度に達して γ 固溶體を品出し始める。その時の組成は l より濃度の横軸に平行せる線を描き之と NE との交點を $*$ とすれば $*$ をもつて表はされる。それより温度が降下するに従つて γ 固溶體の組成は固相線 NE 上に於て E の方に變化し、融體の組成は液相線 BC 上に於て C の方に變化し、同時に融體の量は減じて固體の量を増す。今 l より温度の縦軸に平行線を引き NE との交點を l とする。温度がこの l まで降下すると全部凝

固して一様な γ 固溶體となる。鋼とは融體より凝固後に一様な固溶體になるものであつた。

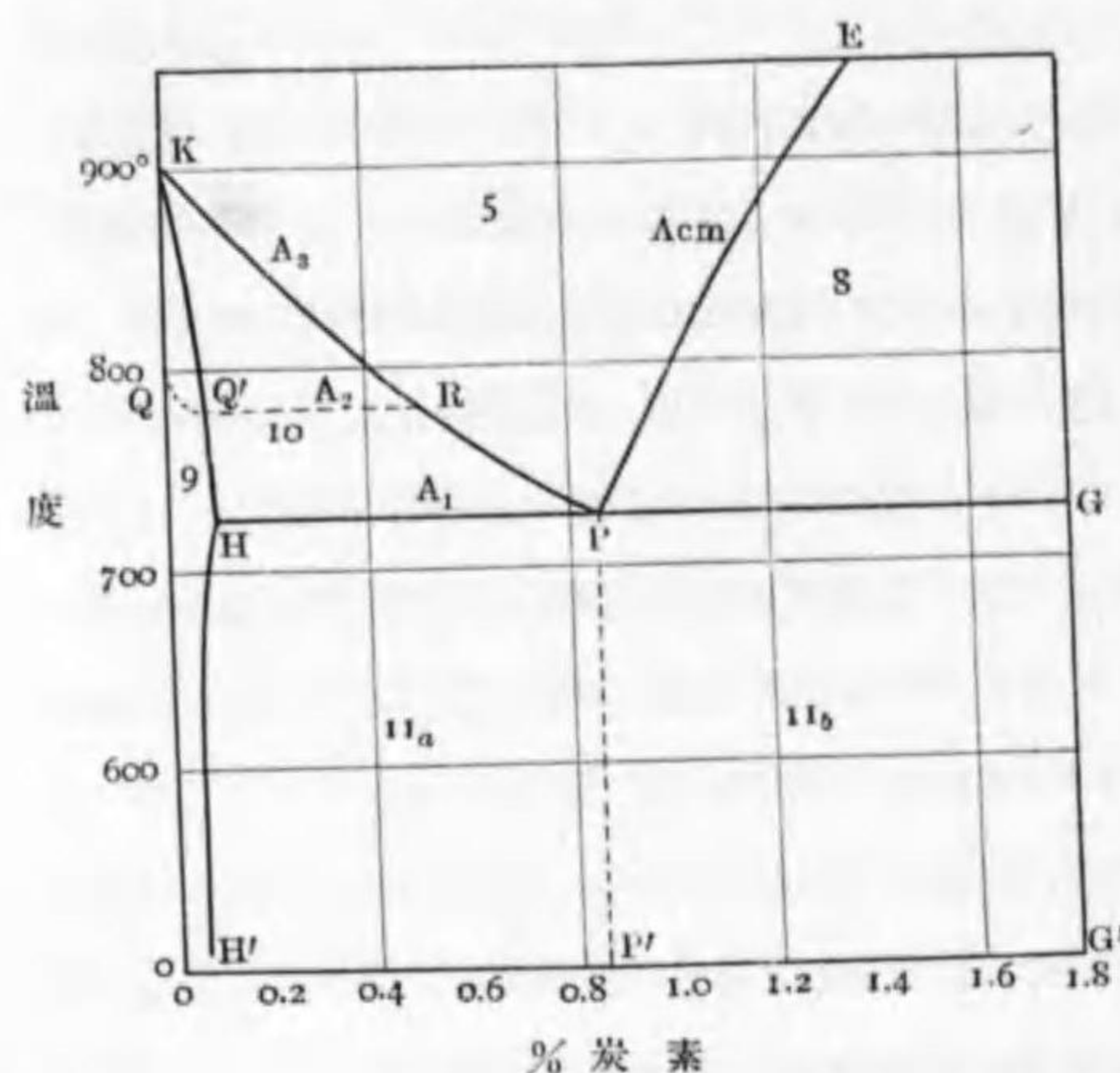
今 0.9% C の γ 固溶體をとつて考へ、之が更に冷却して 730°C の HPG 線に達すると固溶體よりセメンタイトを析出し、組成は H に相當する α 固溶體となる (α 固溶體はセメンタイトの溶解量僅に 0.035% であるから殆ど純鐵である。純鐵を地鐵又はフェライト ferrite と名づける) 更に温度が降下すれば α 固溶體は HX 線に沿ふてセメンタイトを析出し常温に於ては純鐵とセメンタイトの機械的混合物となる。即ち 730°C の上に於ては均一組織の固溶體であり、下に於ては α 固溶體(炭素量僅に 0.035% であるから純鐵と見なす)とセメンタイトの機械的混合物である。この變化は變態であるから之を A_1 變態と名づける。 A_1 變態は鋼には存在するが純鐵には存在しない譯である。

この A_1 變態は機械的混合物から固溶體になる變化であるから物理的性質も亦この温度で不連続的に變化する。而してこの變化は含有炭素量によつて多少の差異がある。即ち炭素量が 0.9% の鋼では混合物は一定の温度で全部が固溶體になるが、炭素含有量が 0.9% 以下の鋼に於ては 730°C で鐵の全部が固溶體とならないで、炭素 0.9% の濃度に相當する鐵が融けて残りの鐵は温度の上昇と共に次第に溶けるものである。又炭素含有量 0.9% 以上の鋼に於ては 730°C でセメンタイトの全部が固溶體とならないで、炭素 0.9% の濃度に相當する炭化物は鐵中に溶解、残りの炭化物は温度の上昇と共に次第に溶けるものである。以上の溶解の様子は状態圖の一部第 119 圖によつて示されてゐる。但しその過程については混亂を避けるため茲には記述しない。この炭素量 0.9% の鋼を特に共析鋼 (Eutectoid steel) と名づければ 0.9% 以上と以下の鋼ではその冷却の過程が異なるので 0.9% 以上の鋼を超共析鋼 (Hyper-eutectoid steel) 0.9% 以下の鋼を亞共析鋼 (Hypoeutectoid steel) と名づける。

この A_1 變態の温度即ち變態點は炭素の量に無關係であるが、加熱と冷却の場合に多少其値を異にする。即ち加熱の場合には約 740°C 冷却の場合には約 710°C で平均 730°C と見なしておくものである。

純鐵の A_1 變態は 910°C であるが、鋼に於ては前述の状態圖によつて明な如く、この變態の始まる温度は炭素の増加すると共に降下し、炭素量 0.9% 以上になれば一定に 730°C

第 119 圖



も高く現はれるものである。而して加熱温度が高く又その温度におく時間が長ければ冷却に際して変態点は多少低く現はれる。又加熱冷却の速度が早ければ早いほど加熱の際の変態点と冷却の際の変態点との差が著しくなる。逆にその速度が遅ければ遅いほど両者は近づき遂には全く一致すべき性質のものである。仍で兩者を實際作業上區別するために加熱の場合には *c* (chauffage, 加熱) の文字を附して A_{c1} , A_{c2} , A_{c3} とし冷却の時には *r* (refroidissement, 冷却) の文字を附して A_{r1} , A_{r2} , A_{r3} と表はしてゐる。勿論 A_2 にも A_{c2} , A_{r2} があつてよい譯である。この A_c と A_r との温度範囲を臨界範囲 (critical range) 又は變態範囲 (Transformation range) と呼んでゐる。

A_1 變態を X 線分析によつて研究すると A_1 點以上に於ては原子の配列は面心立方型で γ 鐵の配列であるが、 A_1 點以下に於ては體心立方型で α 鐵の配列である。而して A_1 點以下に於てはセメントイトも分離して存在するものであるが、X 線では認め難い。故に A_1 變態は γ 鐵の原子配列が α 鐵の原子配列に變化する點である事が知れる。又 A_1 點以上より徐々に冷却して A_1 變態を充分に起らしめた後に之を鹽酸中で電解して鐵を溶解し其殘留物を分析すると鐵と炭素とがセメントイト Fe_3C なる化學式に相當して結合して

となる。第 119 圖の KP 線はその模様を示してゐる。又炭素量が 0.9% 以上のもの變化は PE 曲線が示す如く γ 固溶體を冷却すればセメントイトは PE 線上より分離し始め、固溶體の成分は次第に P に近づき、730°C に於て残りの固溶體は全部機械的混合物に變化する。

一般に變態点は加熱と冷却の場合に於て全く一致する事がなく常に多少の差異がある。即ち加熱の場合には冷却の場合より

ゐる事が知れる。然るに A_1 點以上より水中に焼入して之を同様に電解すると多量の炭化水素を生じ、鐵を溶解した殘留物は主に遊離炭素である。是等の事實より前者にあつては炭素はセメントイトとして遊離状態に存在してゐるが、後者にあつては炭素は鐵に溶解して固溶體となつてゐるためにセメントイトを分離する事が出来なかつた。即ち A_1 點以下に於ては鐵は α 状態となり炭素はセメントイトとして分離して存在してゐる、故に A_1 變態は鐵が (1) γ 鐵より α 鐵に移る變化即ち A_1 變態と同一性質の變化と (2) 炭素が固溶體より遊離状態のセメントイトに移る變化とが同時に起るものである事が知れる。

本多博士の説によると二つの獨立した變化が精密に同時に起るとは考へられないから、この二つの變化は階段的に引續ひて起るものであらうと云はれてゐる。而してこの二つの變化の中何れが先に起るか云へば次の理由によつて (1) が起り次で (2) が起ると考へられてゐる。

若し鐵の原子配列が面心立方型より體心立方型に變化すれば炭素を溶解してゐる α 鐵となるが、状態圖より知れる如く α 鐵は元來炭素を殆ど溶かし得ないから、その必然的結果として第 2 の變化が起らなければならない。随つて (1) より (2) の順序になると考へられる。之に反して (2) より (1) になる變化は不合理である。何故かと云へば γ 鐵は多量の炭素を溶解する性質をもつものであるから、冷却の際にその大部分がある温度に於て一時に分離するには原子内か原子間にある變化が起らなければならない。夫故に炭素の分離が先づ起つて然る後に原子の配列の變化が起ると假定する事は不合理であると斷定せられた。随つて A_1 變態は次の如き變化である。

炭素を溶かせる面心立方型の鐵より炭素を過飽和に溶かせる體心立方型の鐵に變化し次で之が地鐵とセメントイトに分解する事。

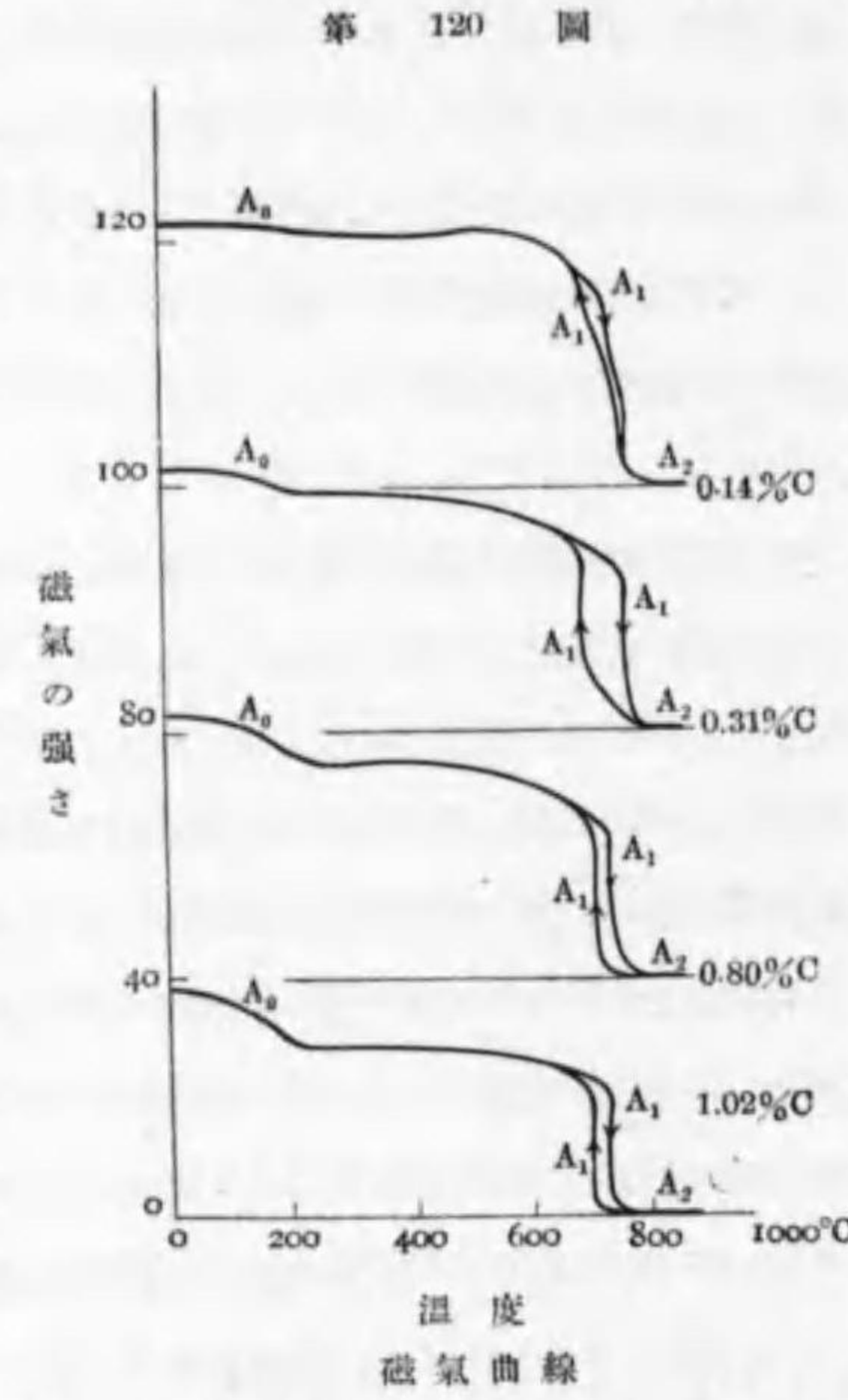
この本多博士の説は後章述べる所の鋼の焼入に重大なる關係をもつものである事をわすれてはならない。

§ 138. 鋼の Acm 變態 鋼の電氣抵抗が温度と共に如何に變化するかその電氣抵抗温度曲線をとるときに、炭素量が 0.9% 以上 1.7% 以下の炭素を含有する鋼に於ては A_1 點よりも高い温度に於て變化の起る事が認められる。而してこの點は炭素量が増加するに従つて上昇し、其變化點と炭素量との關係は前記第 118 圖の状態圖上に曲線 PE によつて表

されてゐる。之を A_{cm} 變態と呼んでゐる。この變態の本性は如何なるものと云へばこれは顯微鏡組織の變化によつて研究すればよく判るもので、 γ 固溶體即ち大洲田よりセメントタイトの析出し始める點である。即ち大洲田中に於けるセメントタイトの溶解度曲線又はセメントタイトの初析線に相當する點であるから之を A_{cm} をもつて表はすのである。

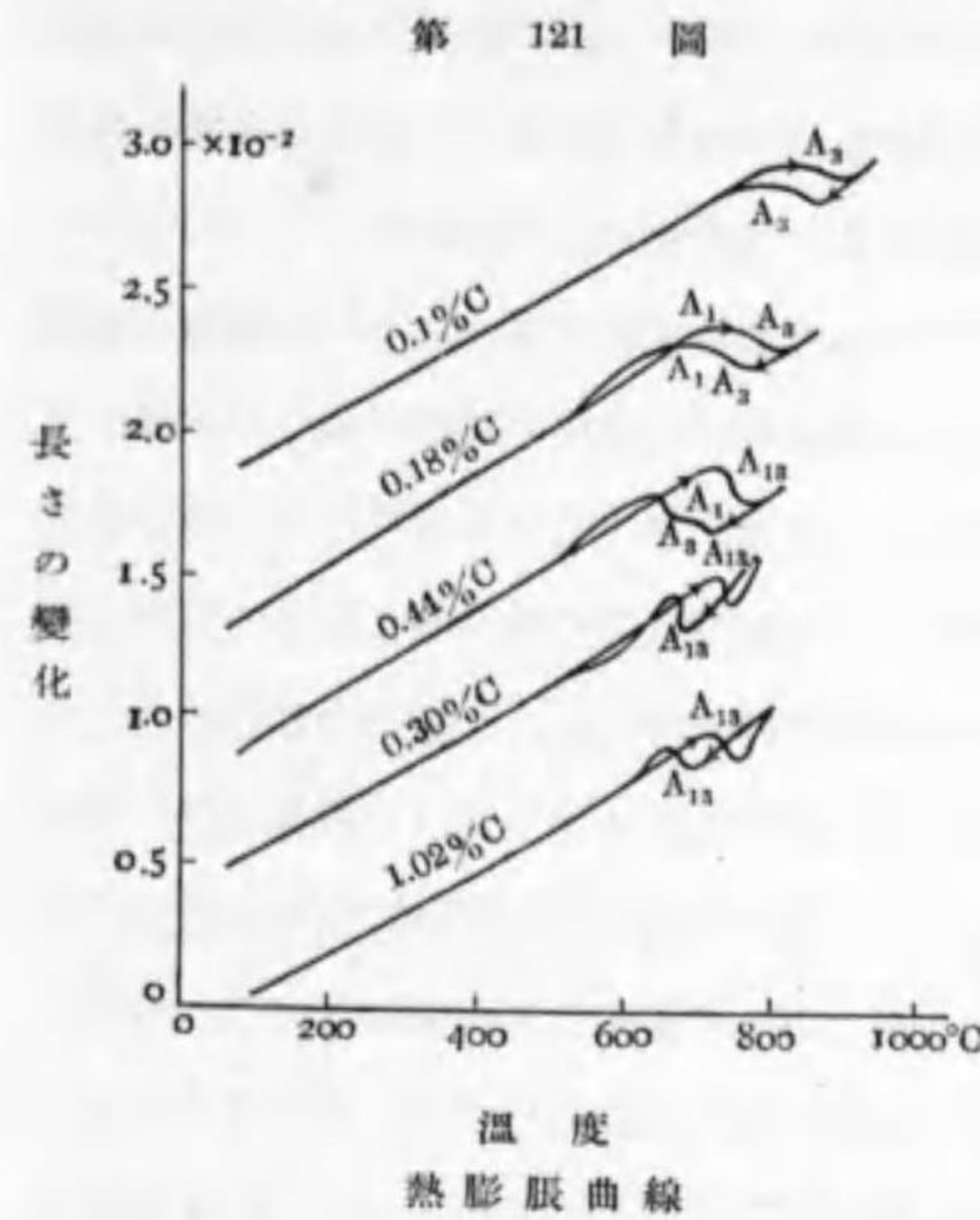
§ 139. セメントタイトの A_2 變態 1915 年に本多博士は各種の鋼について磁氣分析を行ひ第 120 圖に示された様な結果を得られた。

即ち縦軸は磁氣の強さに比例せる磁力計の鏡の偏りを表はし、横軸には温度を示したもので、セメントタイトは鐵の如く強磁性體で其飽和磁氣の強さは鐵の約 $\frac{2}{3}$ で 200°C に於て明に變化を見出された。この變化が鐵の A_2 變態と同性質のもので熱膨脹曲線等に於ては少しも見へない。随つて同博士は之を A_2 變態と名づけられた。状態圖では A_2 變態と同様に點線で表はしてゐる。之より先 1898 年に Roberts-Austen 氏は鋼の冷却に際して $550\sim 600^{\circ}\text{C}$ に於て微小な發熱を認め、又 1904 年に Carpenter と Keeling 兩氏もこの點を認めて之を A_2 變態と名づけたが今日殆ど用ゐられてゐない。



§ 140. 鋼の變態に伴ふ諸性質の變化 變態點に於て諸性質例へば熱膨脹、電氣抵抗、熱分析、磁氣の強さ、熱電動力、硬度、抗張力、弾性等總て變態點に於て著しい變化を現はすものである。しかれどもその變化する大さはその變態の性質によつて特異性がある。第 121 圖は本多博士の研究になる熱膨脹測定結果で、縦軸は膨脹を、横軸には温度をとつて各種の鋼の膨脹曲線を示したもので、0.18% C の鋼の曲線に於て A_2 點と A_1 點とは明に二段に起つてゐる。0.44% C 鋼の加熱曲線に於ては A_2 點と A_1 點との區別は見わけ難い。

が冷却の場合にはよく現はれてゐる。炭素量が更に増加すると A_2 變態と A_1 變態とは合



してゐる。 A_2 と A_1 變態は長さの變化には著しく現はれるが、 A_2 變態は長さの變化には殆ど現はれない。又第 120 圖の磁氣曲線を第 121 圖の曲線と比較してみると、磁氣の強さの變化と熱膨脹の變化と一致しない事が知られる。但し變態温度の一致しない事は加熱と冷却の速度が異なるためで、第 120 圖の曲線は第 121 圖の曲線より遙に徐々に加熱及び冷却したものである。 A_2 變態點の熱膨脹變化は著しかつたが磁氣の變化には殆ど認められない。尤も精密な方法で測定すれば明に現はれる。之

に反して A_2 變態の點は熱膨脹の變化には殆ど見へなかつたが、磁氣の變化には極めて著しく現はれる。又 A_1 變態點は兩曲線ともによく現はれてゐる。

其他電氣抵抗、熱分析曲線、抵張力、硬度等何れも是等の變態點に於て急變するものである。但し物理的性質の種類によつてその變化の程度は異なる。之によつて逆に變態點を定める事が出来る譯である。

第四節 鋼の標準組織

§ 141. 標準組織と顯微鏡試験 標準組織とは鋼を鍛鍊して 900°C 又はそれ以上の温度 (第 118 圖の状態圖の γ 固溶體の範圍) に熱して數十分間その温度に保ち、然る後に加熱爐中に於て徐々に冷却したものの組織を云ふてゐる。 900°C 近くに數十分も加熱せられるため鍛鍊其他によつて起る歪は除去せられ、又鑄造によつて得られた粗大な組織は小さくなり、成分は平衡の状態に達したものと考へられる。

この組織を見るには顯微鏡を用ひる。即ちその鋼の表面をよく研磨して之に反射光線を當て顯微鏡で見るのであるが、そのまゝでは視野がたゞ輝つて見へるだけで何も見えない。仍でこの研磨せる表面を稀薄酸又は他の試薬をもつて數秒間腐蝕せしめてから之を見ると、組織成分によつて腐蝕せられる程度が異なるから、その組織はよくわかる。

純鐵の如きものでも酸による腐蝕の度合は一様にはならず寫眞 No. 25 の顯微鏡寫眞に示された如く多角形の集合よりなつてゐる。一般に純粹な金屬は皆斯の如く多面體の集合で各粒の境界線が黒く著しく腐蝕せられてゐる。之は純鐵でも極く微量の不純物の混入する事はまぬかれないから、鐵が凝固する際にこの不純物は粒の境界面に集まつて容易に腐蝕せられるのである。今鐵がその融體より凝固する時を考へれば、數個の核を中心として結晶し始め漸次にその結晶は發達してゆく。而して不純物の多い所は一般に低温まで融液の状態になつてゐて凝固し難いものであるから、鐵の結晶の發達と共に段々に周圍に押しやられる。しかも結晶中心核は無數にあるから、押しやられた不純物は各結晶の中間に挟まれる譯になる。随つて寫眞の如く多角形の境界が結晶粒間に出来る。この多角形は一定の結晶軸をもつてはゐるが、結晶形には無關係である。随つて酸に腐蝕せられる度合は結晶の方向によつて違ふものであるから、更に酸を強く作用せしめると各粒によつて腐蝕の程度が異なる。上述の如き多角形的の組織は純鐵のみならず固溶體を作る合金に共通せる組織である。實際鋼の γ 固溶體の組織も之と同様で、之を冶金學上オーステン組織(Austenitic structure)と名づけてゐる。オーステンとは有名な英國冶金學者の名であるが、本多博士は之を大洲田組織と名づけた。その譯は其組織が地圖で見ると様な洲の境界或は河口にある洲の集りの様であるからである。原語と形狀とを表はして誠に妙を得た譯語である。

次に炭素が混在した鋼に於ては鐵の粒子間の黒く腐蝕せられ易い部分が現はれ、之が0.9% C までは含有炭素量と共に増大し、0.9% に於ては白色部分は消失して全部黒く一樣に腐蝕せられ易い部分のみとなる。この白色の部分は α 鐵で、黒色の部分は鐵とセメンタイトとが密に混在する部分でそのために腐蝕せられ易いのである。炭素量の少い低炭素鋼に於てはよく見わけ難いが、この部分を倍率の大なる顯微鏡によつて擴大してみると眞珠の輝の如く極めて美しい層をなしてゐるので、之を金相學上 pearly 組織即ちパールライト(Pearlite)と名づけてゐる。本多博士は寫眞 No. 26 に示された如く、この組織が波打際

の砂に彫まれた模様に似た所から之を波來土と譯されてゐる。このものに對して白く光つてゐる鐵の部分を地鐵(Ferrite)と名づけてゐる。炭素量が極めて少量なる時は波來土の部分は所々に散在するに過ぎないが、炭素量が漸次に増加すれば波來土の部分を増し同時に地鐵の形は小さくなり、段々と網狀に連つてくる。炭素量が0.9%弱になると地鐵の結晶がなく全部波來土となる。

鋼中の地鐵は比較的に大なる結晶となり、一相よりなつて純鐵とも見られるものであるから酸によつて容易に腐蝕せられない。然るに波來土中の鐵は容易に腐蝕せられて黒く見へる譯は、波來土は地鐵とセメンタイトが細密に層をなしてゐるので、この二成分間に局部的の電流作用が起るためである。セメンタイトは極めて酸に腐蝕せられ難いもので地鐵に對して遙に電氣的陰性のものである。この両者が密に接觸せるため之を酸に浸す時はその接觸部分に於て地鐵が溶解するのである。即ち波來土は地鐵の一部分が腐蝕せられて黒くなり、其餘の地鐵とセメンタイトが白く現はれる。この二成分の接觸面が極めて多いために地鐵の腐蝕せられる量が多く、残りのセメンタイトが少いので波來土全部が腐蝕せられた如く黒くなる。更に炭素量が0.9%以上になると波來土の外に白色の網狀が現はれるが、之はセメンタイトで、之も炭素量の増加と共に増大する。即ち炭素が多くなると網狀以外に波來土中にも針狀のセメンタイトが現はれてくる。このセメンタイトを波來土中のセメンタイトと區別するために初析セメンタイト(Primary cementite)又は遊離セメンタイトと名づけ、波來土のものを波來土セメンタイト(Pearlite cementite)と呼んでゐる。

茲に顯微鏡寫眞を見て注意すべき事は、上述の如く鋼を腐蝕すると波來土の部分が黒く腐蝕せられ、初析セメンタイトも初析地鐵も同様に白く残つてゐる。0.6~0.7% C の鋼に於ける網狀の白色地鐵と1.1~1.4% C 鋼に於ける網狀白色セメンタイトとは一寸區別し難い事が屢々起る。大體はその形狀で區別が出来る。即ち地鐵の方は線が太く凸凹が著しいが、セメンタイトの方は線が細く直線的である。この形狀によつて區別し難い時にはピクリン酸曹達(ピクリン酸2瓦 苛性曹達25瓦 水75立方寸)のアルカリ溶液中に入れて3~5分間煮ればセメンタイトは黒色又は褐赤色となるが(寫眞 No. 34)、地鐵は着色しない事によつて判別する事が出来る。

斯の如く炭素量が 0.9% 以下の鋼は寫眞 No. 27~No. 32 までに示した如く、その顯微鏡組織を見る事によつて含有炭素量を判定する事が出来る。少しく經驗すれば誤差を 0.05% 以内の精確度をもつて知る事が出来るから、下手な化學分析に比較して遙に優秀な方法である。寫眞 No. 27 は 0.15% C 鋼を、No. 28 は 0.3% C 鋼を標準化したもので、No. 29 は 0.3% C 鋼を焼鈍をしたもの、No. 30 は 0.45% C、No. 31 は 0.6% C、No. 32 は 0.9% C、No. 33 は 1.2% C 鋼を標準化したものである。No. 33 に於てはセメントイトが白色網状となつて現はれてゐる中の黒地は波來土である。No. 27~No. 32 までは 1% 硝酸のアルコール溶液で腐蝕したものであるが、No. 33 は硝酸 2% のものを使用した。更に No. 34 は No. 33 のものと同じものでピクリン酸曹達のアルカリ溶液で煮たもので、前記白色のセメントイトの網状は黒色となつて現はれてゐる。波來土の中のセメントイトは非常に細くこの位の倍率寫眞にては之が認められない。

No. 35 は 1.47% C 鋼を標準化したもので、セメントイトの針状が波來土の地の中にも現はれてゐる。上記寫眞は皆 100 倍である。

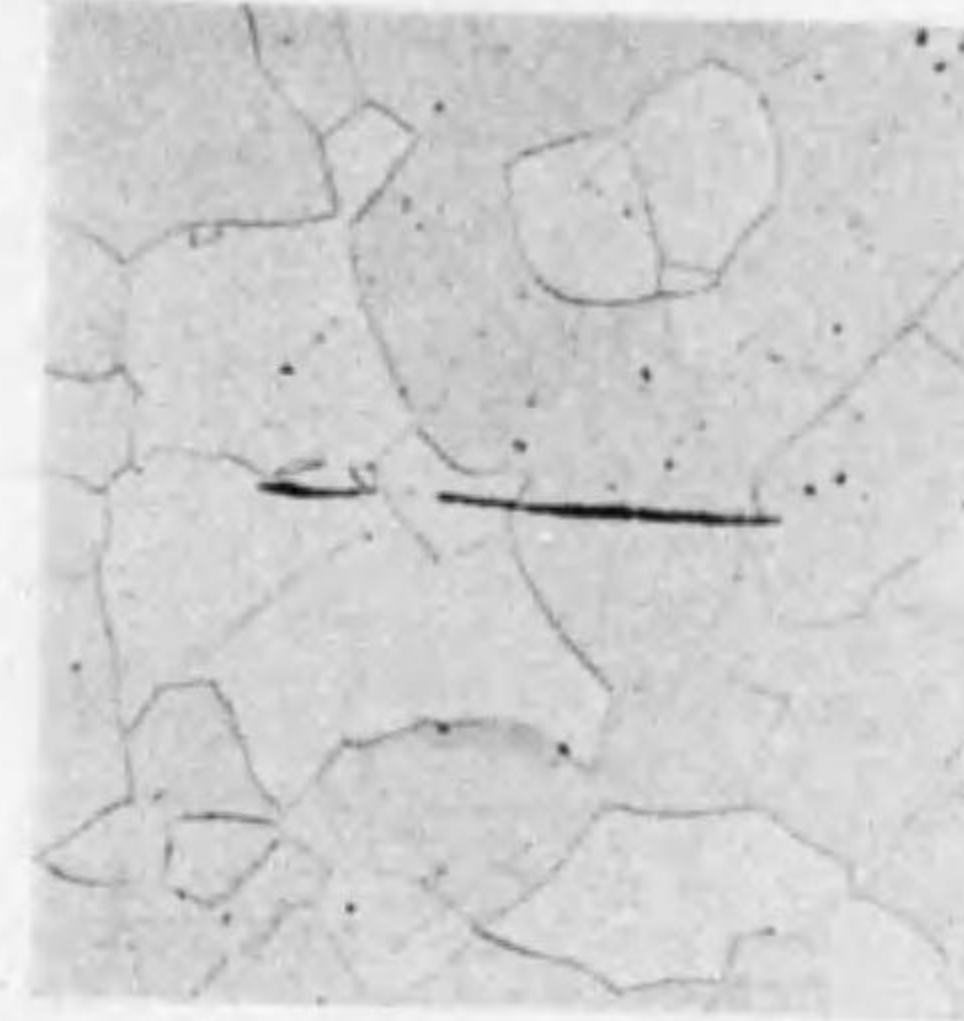
§ 142. 鋼の組織と状態圖 第 118 圖の状態圖又はその一部を示せる第 119 圖に於ける状態區域を顯微鏡組織で之を表せば次の如くなる。

| | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| 區域 5.....大洲田 | 區域 10.....大洲田+地鐵 |
| „ 8.....大洲田+セメントイト | „ 9.....地鐵 |
| „ 11.....地鐵+波來土 (0.9% C 以下) | „ 11.....セメントイト+波來土 (0.9% C 以上) |

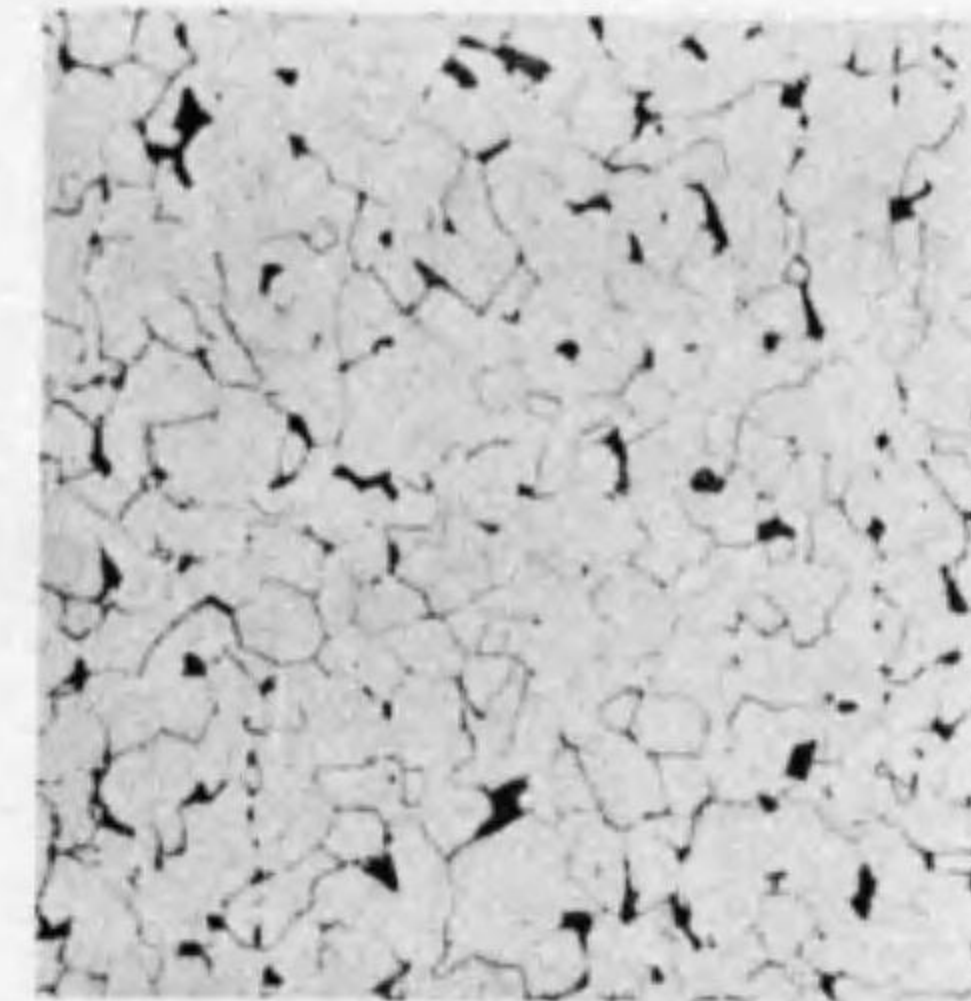
第 118 圖に於ける A₁ 線 KP と Acm 線 EP は大洲田より夫々地鐵又はセメントイトを析出する温度を示す事は前述の通りであるが、是等は又區域 10 又は 8 中に於ける濃度及び温度に於て、地鐵又はセメントイトと共存する大洲田の濃度を表はすものである。今區域 5 中の一を a として之より垂直線を引き KP との交點を b とする。その線上の區域 10 内の一を c として c より水平線を引き温度軸との交點を c₁ とし、KP 線との交點を c₂ とする。即ち炭素量 a 温度 a の大洲田組織の鋼を冷却する時に b 點に達すれば地鐵を析出し始める。温度が降下するに従つて漸次に地鐵を析出するから、残り的大洲田は b c₂ P 線に沿ふてその炭素量を増加する。今之が或温度 c 點に達したとすれば、その時

鐵鋼の顯微鏡組織、No. 25~No. 57. (第六編参照)

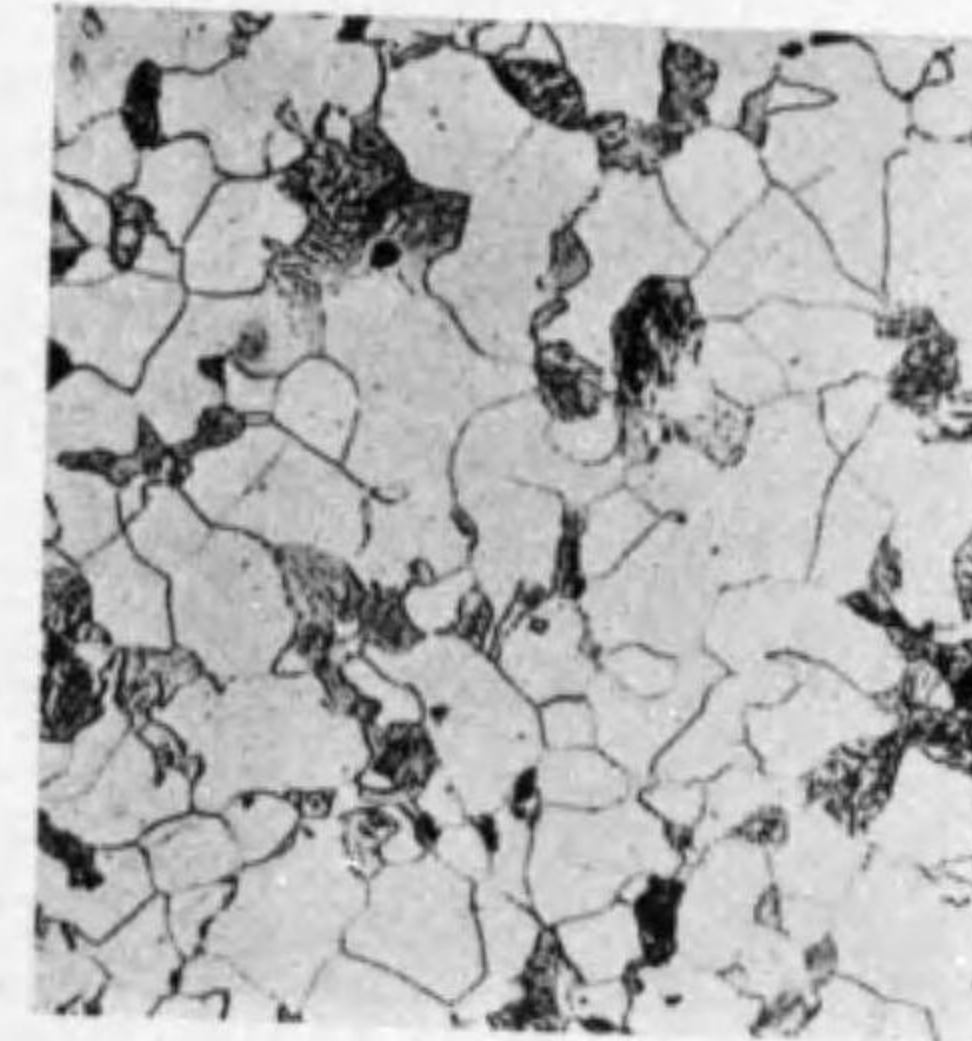
No. 25. 棒狀の瑞典鐵 (×250) フェライトの粒と之を横切る不純物の條線を示す。稀硝酸にて腐蝕す。



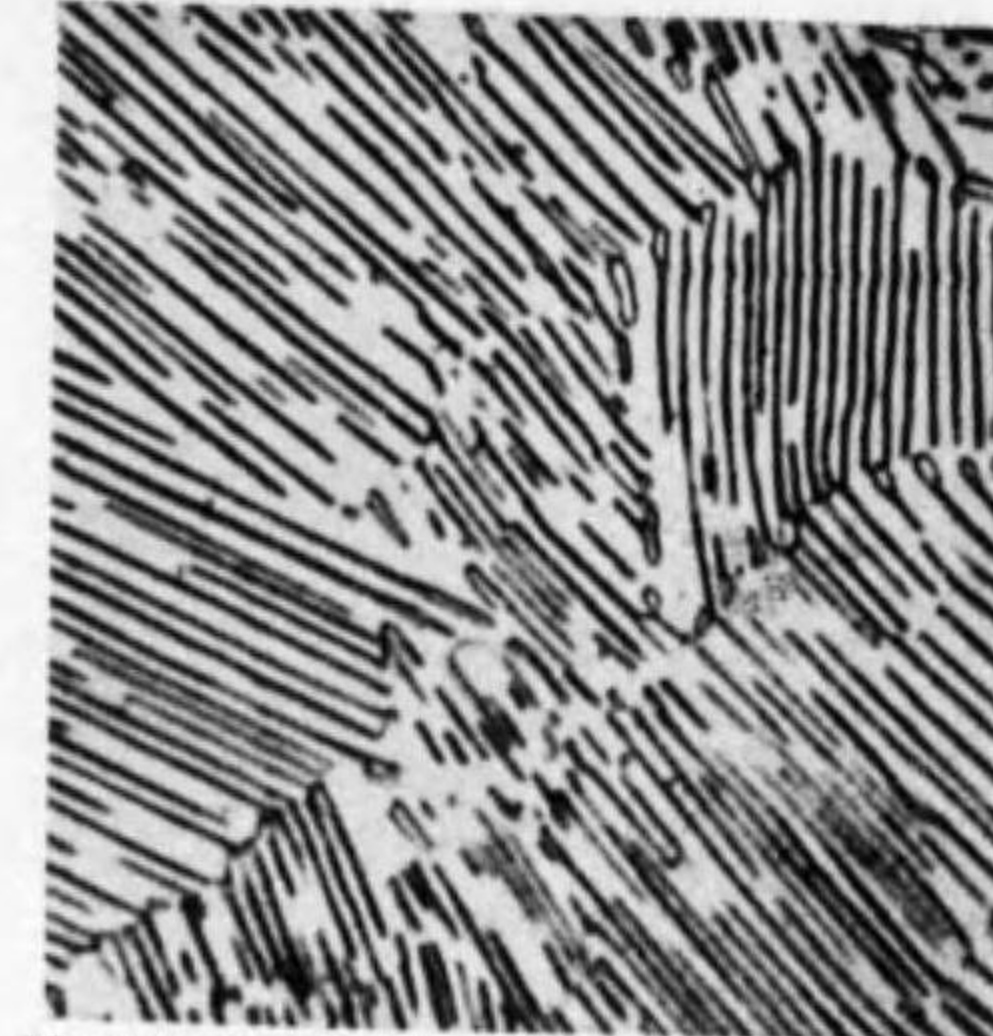
No. 27. 0.15% C 鋼 (×100) 標準化せる組織を示す。白色部はフェライト、黒色部は波來土を示す。1% 硝酸のアルコール溶液にて腐蝕す。



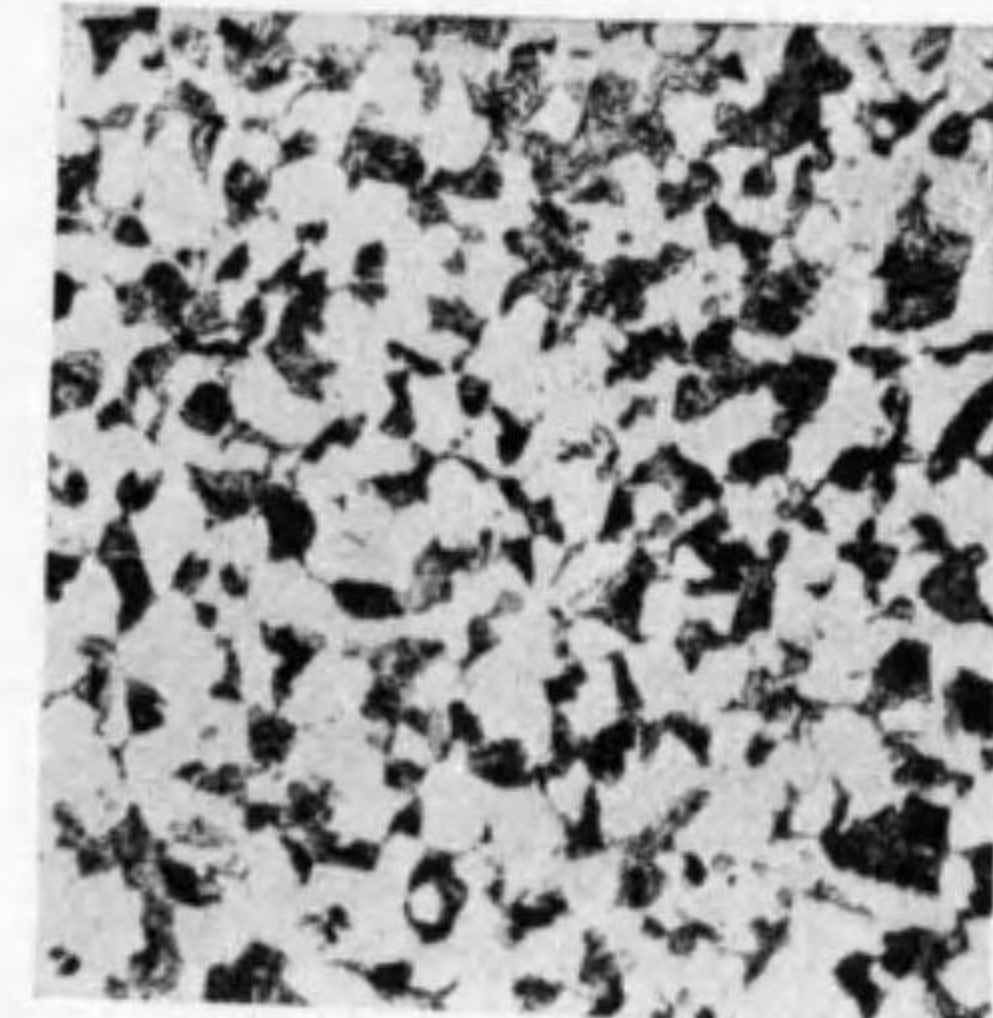
No. 29. 0.3% C 鋼 (×100) 焼鈍した組織を示す。フェライトも波來土も集合して地を大にする。腐蝕液同上。



No. 26. 0.89% C の共析鋼 (×1000) 焼鈍後緩冷せるもので層狀の波來土を示す。不純物少しも存在せず。1% 硝酸のアルコール溶液にて腐蝕す。



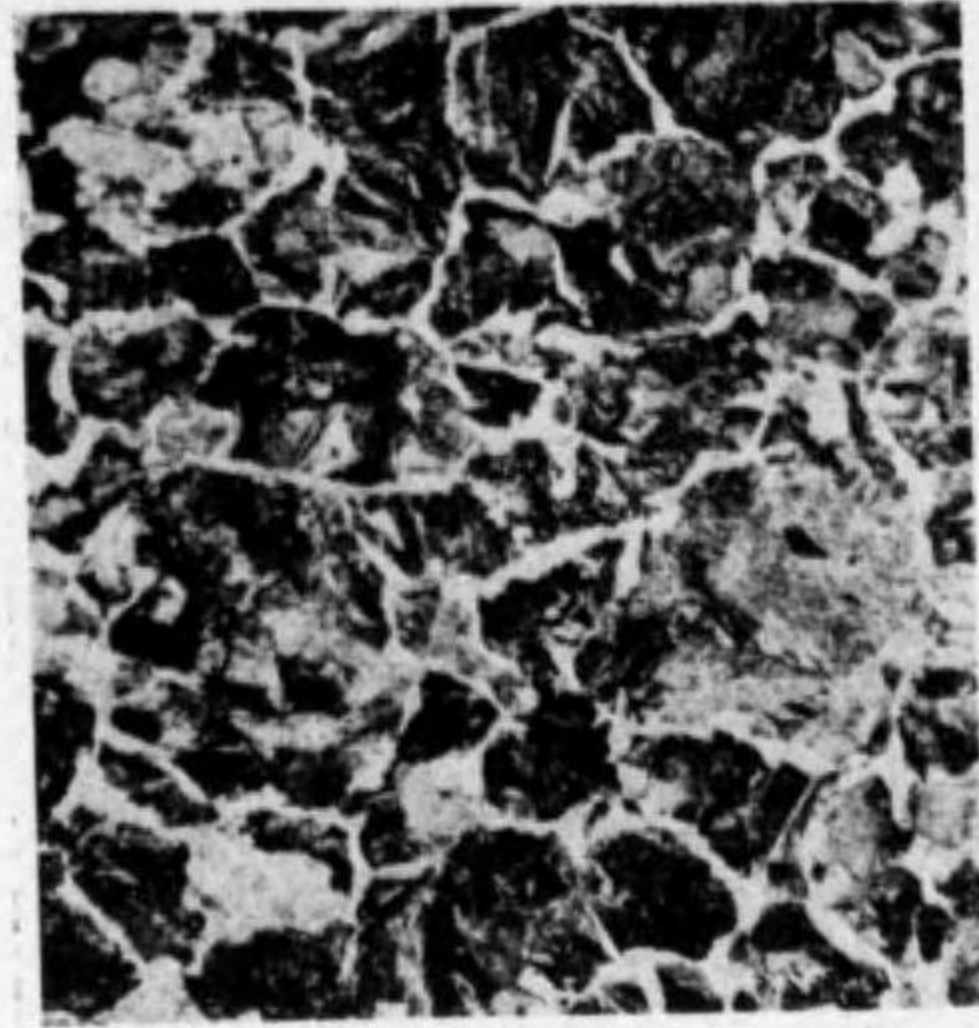
No. 28. 0.3% C 鋼 (×100) 標準化せる組織を示す。炭素量を増加すると波來土の部分多くなる。腐蝕液同上。



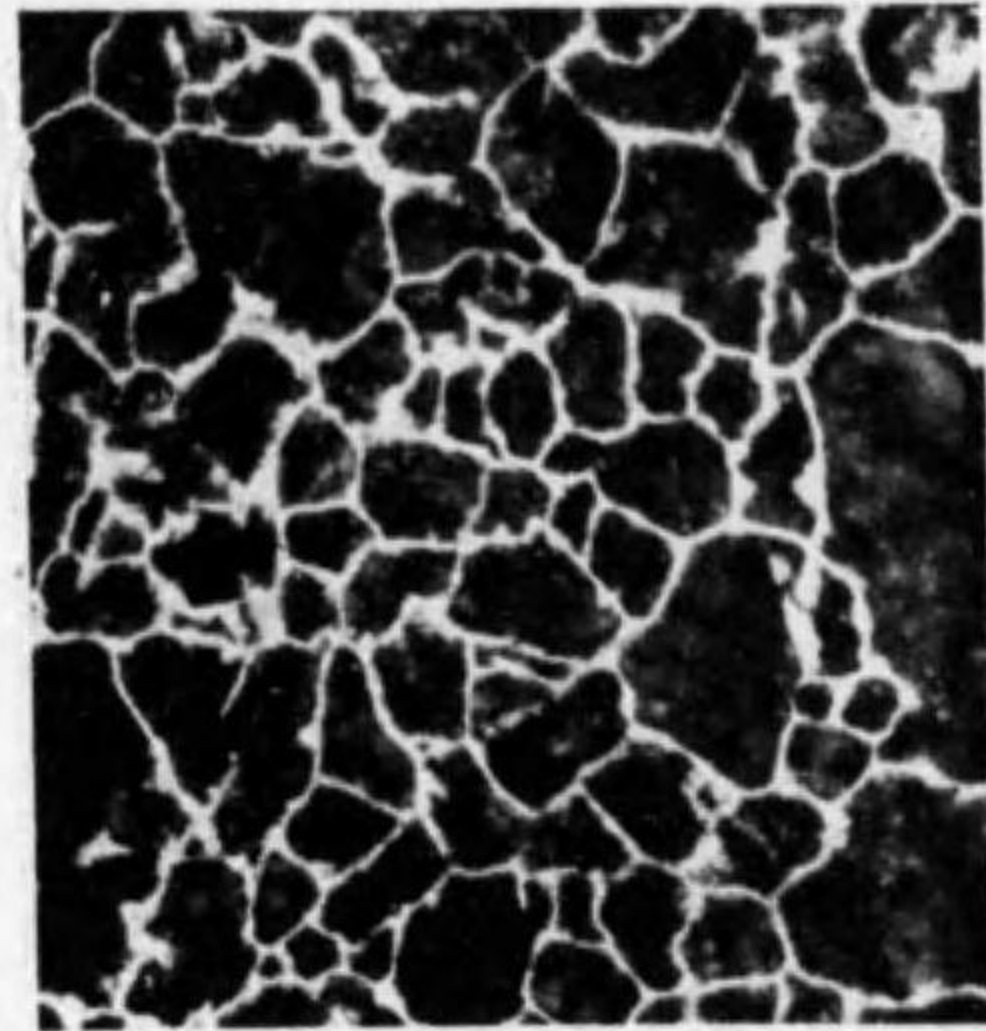
No. 30. 0.45% C 鋼 (×100) 標準化せる組織を示す。波來土の地益々多くなる。腐蝕液同上。



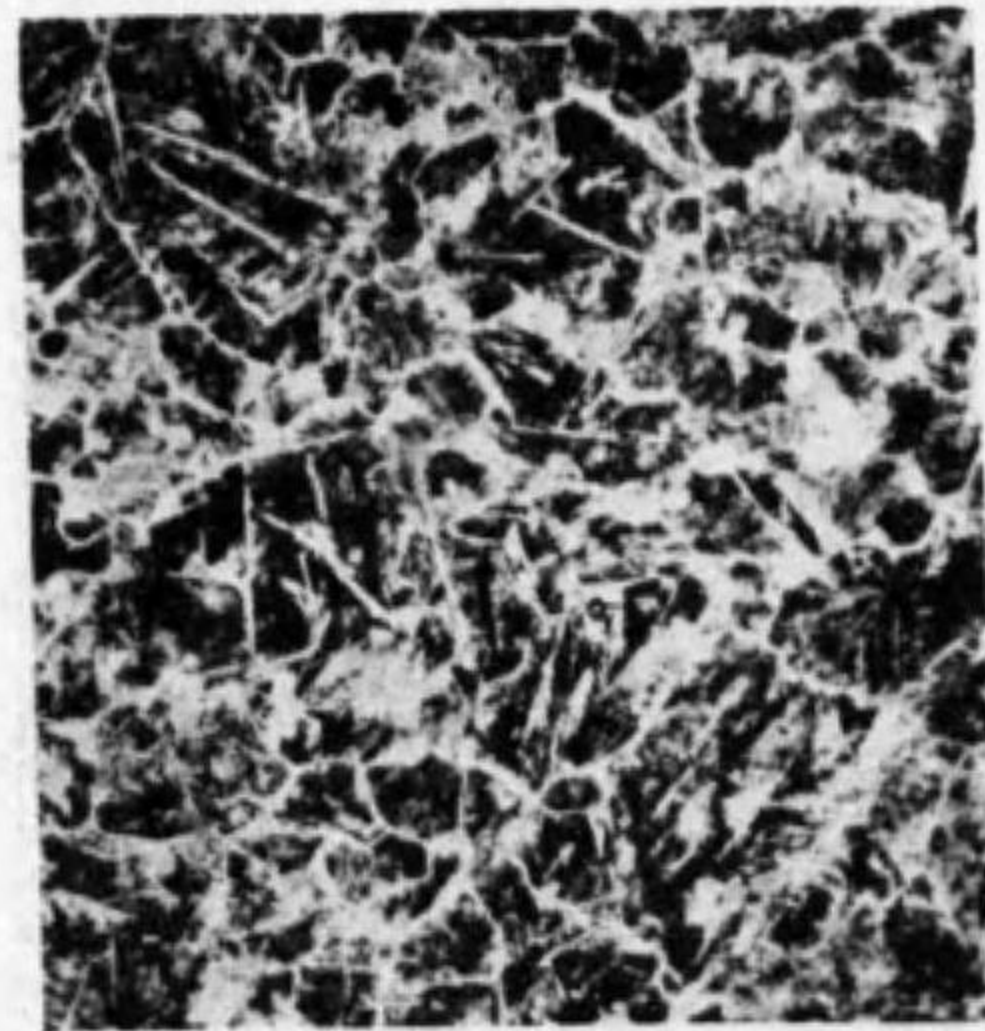
No. 31. 0.6% C 鋼 (×100) 標準化せる組織を示す。フェライトの地は網状となり波來土の地一層増大す。腐蝕液同上、



No. 33. 1.2% C 鋼 (×100) 標準化せる組織を示す。白色部はセメントイトで網状を呈す。黒色部は波來土を示す。2% 硝酸のアルコール溶液にて腐蝕す。



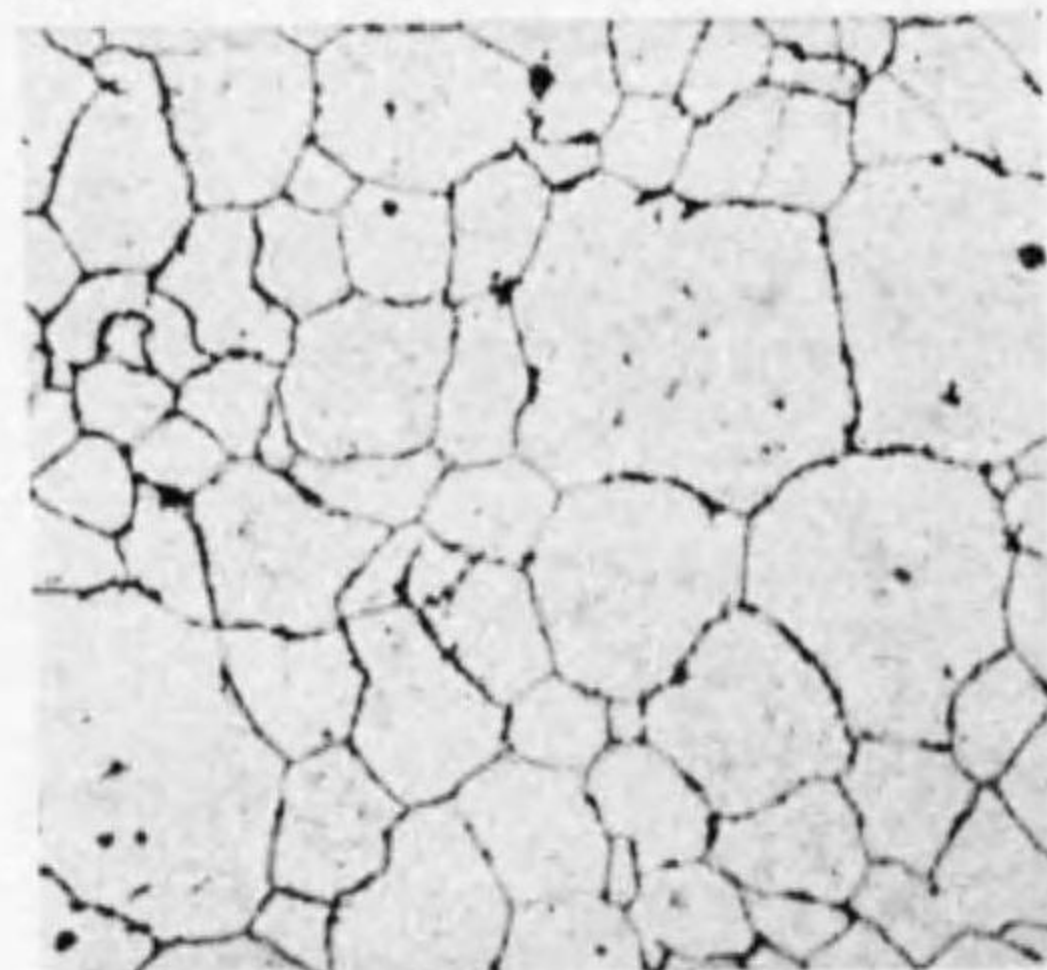
No. 35. 1.47% C 鋼 (×100) 標準化せる組織を示す。セメントイトは網状と針状に白く現はれる。腐蝕液は No. 33. と同じ。



No. 32. 0.9% C 鋼 (×100) 標準化せる組織を示す。全部波來土よりなる。白色に見へる地もよく見れば全部波來土よりなる。腐蝕液同上、



No. 34. 1.2% C 鋼 (×100) No. 33. と同じものをピクリン酸曹達のアルカリ溶液中で煮沸して腐蝕したもの、セメントイトは黒色となる。波來土中のセメントイトも黒くなるが、100倍では之が現はれない。フェライトは黒くならない故にセメントイトとフェライトを無くして區別する事が出来る。



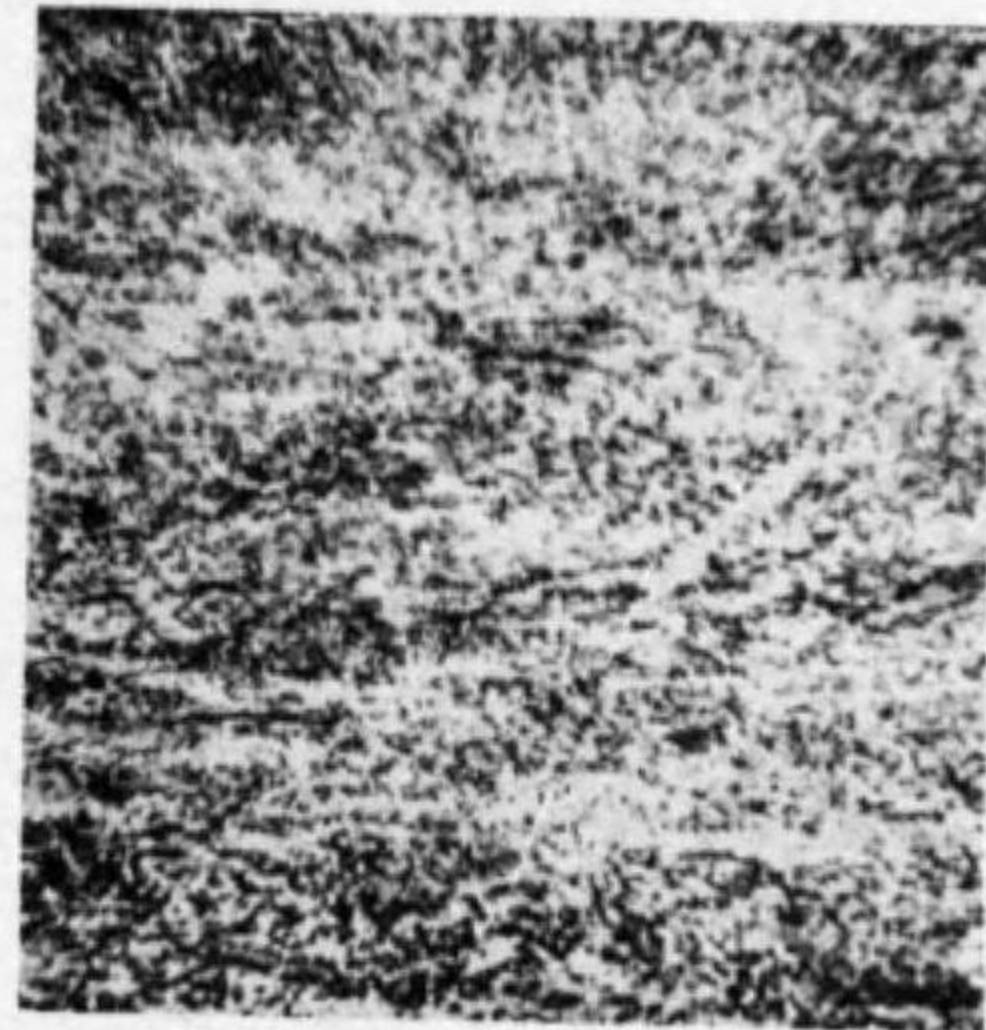
No. 36. 0.2% C 軟鋼板 (×100) 縦断面を示したもので、組織が横に走り、壓延された方向が之でよく示されてゐる。1% 硝酸のアルコール溶液にて腐蝕す。



No. 37. 0.5% C, 1.0% Mn 鋼棒 (×100) 縦断面で壓延の方向を示す。腐蝕液同上、



No. 39. No. 38. と同じ針金を 500°C に半時間再加熱し空中冷却せるもので、セメントイトは凝集し、フェライトは再結晶し始める。フェライトの地にセメントイトの細粒が存在する事を示す。(×1000) 抗張力 780 噸/時²



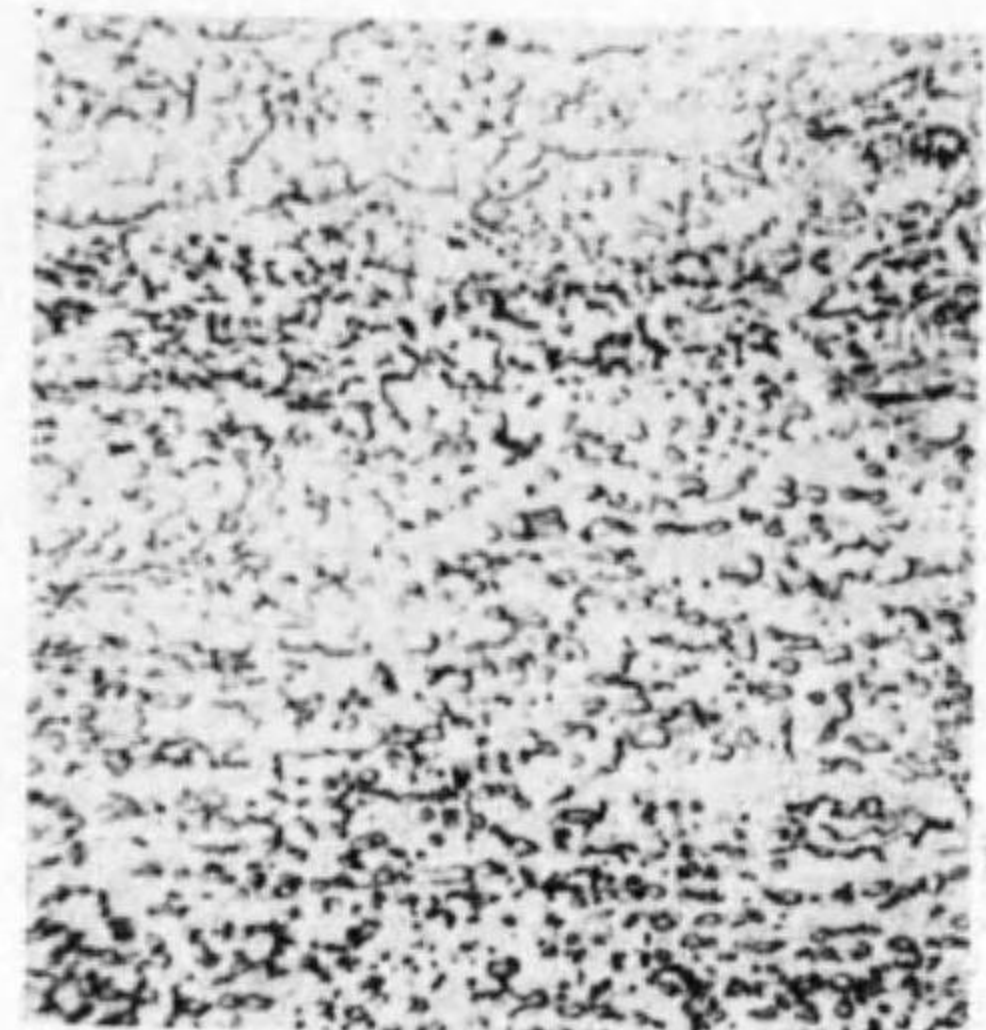
No. 41. 同上針金を標準化したもので層状波來土と少量のフェライトを示す。(×1000) 抗張力 49 噸/時²



No. 38. 0.75% C, 0.75% Mn の常溫延伸した鋼の針金 (×1000) 縦断面で粗粒波及及び細い層状波來土が著しく變形せられてゐる事を示す。抗張力 100 噸/時² 腐蝕液同上、



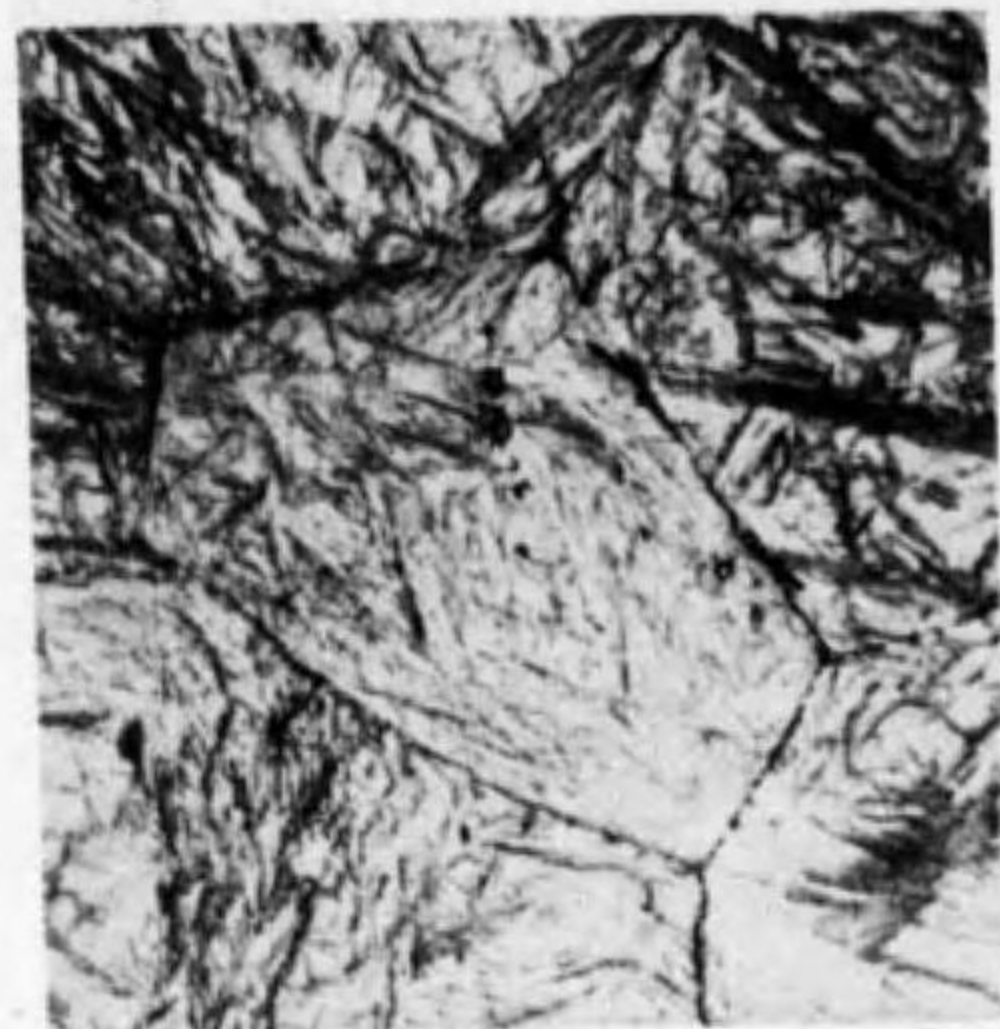
No. 40. 同上針金を 650°C に半時間再加熱し空中冷却せるもので、セメントイトは益々凝集し、フェライトは完全に再結晶する。(×1000) 抗張力 53 噸/時²



No. 42. 0.5% C, 24.4% Ni 鋼 (×1000) 大洲田組織を示す。帯状のものは双晶を現せるものである。1% 硝酸のアルコール溶液にて腐蝕す。



No. 43. 1.2% C, 3.0% W 鋼 (×500) 1200°C に加熱して 750°C 迄は緩冷し、其後空中冷却せるもので、大洲田の粒内に麻の葉の如き麻留田組織を示す。腐蝕液同上、



No. 45. 0.73% C, 1.70% Mn 鋼 (×1000) 急冷却せるもので白色部は麻留田、黒色部は吐粒洲組織を示す。腐蝕液同上、



No. 47. 0.9% C 鋼 (×1000) 760°C より温湯中に焼入せるもので粗粒破とその一部は波來土となれる事を示す。Sorbitic pearlite とも稱すべきものである。腐蝕液同上、



No. 44. 0.6% C 鋼 (×1000) 800°C より水中焼入せるもので、麻留田の葉狀の針の一部が壊れて吐粒洲となれる事を示す。Troostomartensite とも稱すべき組織である。腐蝕液同上、

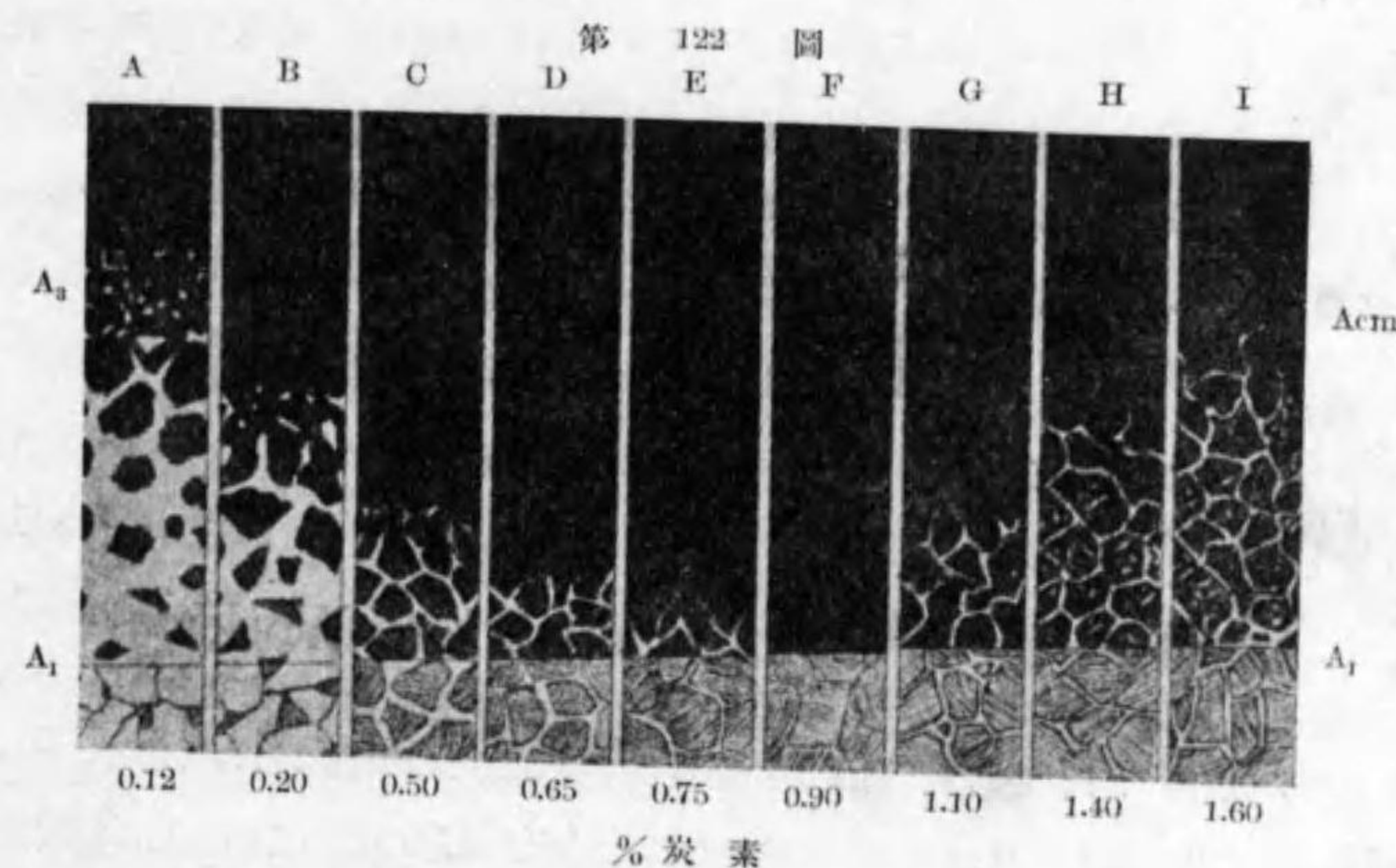


No. 46. 0.40% C, 0.42% Mn 鋼 (×1000) 油中焼入せるもので麻留田と粗粒破(黒色部)組織を示す。吐粒洲が凝集して粗粒破となるもので Troosto-sorbite を示す。腐蝕液同上、



地鐵と共存する大洲田の濃度即ち炭素量は e_2 によつて表はされる。又この温度に於ける地鐵の量と大洲田の量の關係は ee_2 と ee_1 の長さによつて表はされる。随つて温度が降下すれば ee_2 の長さは大となり ee_1 の長さは常に一定であるから地鐵と大洲田の量の比は大となる。即ち温度が降下すれば地鐵の量を増す事を意味してゐる。

又同様に超共析鋼に於ては大洲田よりセメントイトを先づ初めに析出し、温度が降るに従つて大洲田の濃度は EP 線に従つて變化し、亞共析鋼の時とは反對に炭素の濃度を減じて 0.9% に達して一時に波來土になる。



第 122 圖は Stead 氏が各種の鋼を變態點の上下に加熱又は冷却せる時の組織の變化を圖示したもので、0.9% C 以下の亞共析鋼では白色は地鐵で、0.9% C 以上の超共析鋼では白色はセメントイトを表はすものである。前者に於ては炭素が増加するに従つて黒色の大洲田より白色の初析地鐵の析出し始める温度 A_1 點が漸次降下し、其初析地鐵の量が減少してゐる。後者に於ては反對に炭素が増加するに従つてセメントイトの析出し始める温度 A_{cm} 點は漸次に上昇し、其初析セメントイトの量は増加してゐる。又 A_1 點で殘留大洲田が一時に波來土になる事等が總てよく圖示せられてゐる。

§ 143. 鋼の麻留田組織 第三節 § 137 に既述せる A_1 變態の機構は本多博士の説によれば、炭素を溶かせる面心立方型の鐵より炭素を溶かせる體心立方型の鐵に變化し、次

で之が地鉄とセメントイトに分解する事であつた。

α 型の鐵は炭素を殆ど溶解しない (730°C に於て僅に 0.035%) のものであるが、 γ 固溶體即ち大洲田の鐵の配列が γ 型から α 型に先づ變化し、炭素をそのまま α 型の鐵が溶かしておれば過飽和の状態であるから決して平衡の状態ではない。斯の如く過飽和に炭素を溶解した體心立方型の鐵は α 鐵と異つてその硬度は極めて硬い。冶金學上この組織をマルテン組織 (Martensite) と名づけ、本多博士は後述の焼入理論の箇所に於て述べる所ある如く、之を大洲田流に麻留田組織と譯された。この麻留田は上記の如く高温に於て極めて不安定で直ちに炭素を析出して鐵とセメントイトに分かれるが、常温では鋼の粘性が大であるために安定となる。波來土は前述の如く地鉄とセメントイトの機械的混合物であるから、この A_1 變態を組織の變化から云へば次の如く言換へる事が出来る譯である。

大洲田より麻留田に變化し次で波來土となる。

大洲田 → 麻留田 → 波來土

而してこの麻留田に 2 種ある事については後章述べる所がある。

第五節 鋼の焼鈍 (Annealing) と加工 (Working)

§ 144. 焼鈍 鋼を長い時間高温に加熱してゐるとその組織は粗大になる。又 A_1 變態點附近を極めて緩かに冷却すると生成せられた波來土は層の粗いものとなる。斯の如き組織の粗大なものは鋼の機械的性質が弱い。仍でその性質例へば抗張力とか延性等を大にするために或時間變態點以上に保ち、その後には爐中冷却する事を焼鈍すると云ふ。この焼鈍作業によつて鑄造のまゝの粗大の組織をよくする事は勿論であるが、又加工せられた鋼中に歪が残つてゐる時には、その歪を除去して硬度を減少せしめ、延性を増す事が出来る。斯の如く結晶粒の不均一性を均整する目的に行ふ作業である。時には變態點以下の温度まで熱する事も焼鈍と云ふ事がある。之は主に鐵線を常温で加工した場合に硬くなつて延性に貧くなるので、之を軟くして延性を増すために變態點以下に熱してその加工による歪をとる目的に行ふ様な場合に、この操作を焼鈍と云ふてゐる。この場合は元來の變態點以上に加熱する意味とは異つてゐるから、その組織は標準組織にならない。變態點以下に

於て熱し歪をとる事を特に低温焼鈍と云へば間違はない。

通常壓延又は鍛鍊せる鋼材を焼鈍 (次節の焼入も同様) するに適當な温度は其炭素量によつて異なるものであるが、その温度範囲は大體次表の如くすればよろしい。

第 180 表

| % 炭素量 | 焼鈍 (又は焼入) 温度 °C |
|-----------|-----------------|
| 0.12 以下 | 875°~925° |
| 0.12~0.29 | 840°~870° |
| 0.30~0.49 | 815°~840° |
| 0.50~1.0 | 790°~815° |

その焼鈍の時間は 30 種位なものなれば 1 時間も行へば十分であるが、之より大なれば適當に時間を長くすればよい。又炭素量の大なる鋼材はその冷却速度を遅くしないと延性の小さな硬いものとなる恐れがある。

次に鑄造のまゝのものは組織が粗大であるから之を改良するには鍛鍊するとよいが、之が出来ないものは同様に焼鈍をする。この場合にはその適當な温度に十分に長く保たなければならない。

茲に注意すべき事は、鋼を過熱してその融點近くまで熱すると上記の如くその組織は大となるのみならず、その結晶粒が離れてその間に酸化物の薄膜を生じ、極めて脆いものとなる。斯の如く處理せられた鋼を通常燃焼鋼 (Burnt steel) と名づけられてゐる。この現象は加熱中に空氣が鋼の中に侵入して鋼中にある炭素と作用して一酸化炭素を生じ、之が高温で大洲田の結晶粒を離間する原因となる。又酸素が多い時にはその間に酸化膜を作る。斯の如き現象は高炭素鋼に起り易く、低炭素鋼には起り難い。この譯は高炭素鋼に於ては液相線 NE と固相線 BC が低温に降下してゐる、即ち熔融し始める温度が低いからである。斯の如き燃焼鋼は焼鈍してもも早元通りに恢復する事は出来ないから廢棄しなければならない。

§ 145. セメントイトの球狀化と黒鉛化 セメントイトは標準組織に於ては波來土となつて層状になつてゐるか又は結晶粒の境界に網状となつて現はれるものであるが、この状態は決して安定なものではなく、或熱處理を行ふと圓くなる。この現象をセメントイト

の球状化 (Spheroidising of cementite) と呼んでゐる。斯の如くセメンタイトが球状化した波來土を特に粒状又は球状波來土 (Granular or globular pearlite) と名づけてゐる。上記熱處理とは A_1 點以下で長く焼鈍をするか又は A_{c1} 點より少しく高い温度まで熱して冷却する場合である。粗粒波組織 (§ 148 参照) のものを 600°C 以上 A_1 點以下で長く焼鈍するとセメンタイトは容易に球状化するが、波來土のセメンタイトは波來土がよく發達してゐるとその球状化が困難で、 680°C 附近に數百時間も焼鈍しなければ起らない。波來土のセメンタイトを球状化するには A_{c1} 點 730° に達せしめ、層状セメンタイトの一部を溶解せしめて小島となしてから球状化すればよい。即ち炭素量が 0.9% 以下の場合には A_c 點以上 $20^\circ\sim 30^\circ\text{C}$ 、0.9% より 1.6% に於ては A_{c1} 點以上 $50\sim 100^\circ\text{C}$ に 20 分間も放置すれば得られる。これが理論については茲には省略するから詳細は本多博士の該論文又は村上博士の鐵及び鋼の顯微鏡組織について参照せられたい。

鋼を A_1 點の上下 $20\sim 30^\circ\text{C}$ の間に反覆加熱冷却するとよく球状化する。斯く球状化したものは鋼の強さ、硬さ及び弾性限を減じ、延性をまし、磨滅に對する抵抗をます。随つて工具鋼、安全剃刀の刃に之を應用するとよいものが得られる。

次に超共析鋼を焼鈍すると屢々黒鉛が地鐵に圍まれて現はれる事がある。同一炭素量の鋼でもあるものは黒鉛が早く現はれ、あるものはその出方が遅い事がある。實際長く焼鈍しても仲々黒鉛の現はれない事もある。尤も加熱中に一度黒鉛が出始めるとその黒鉛化は時間と共に進行し、時間が長ければ長いほど黒鉛と地鐵の量を増して波來土の量を減ずる。黒鉛の周圍に地鐵が存在する譯は、セメンタイトが高温度に於て安定な黒鉛に變じ、大洲田中に溶解してゐる殘餘の炭素は 0.9% 以下となるために、冷却の時に初析地鐵が黒鉛の周に生ずるためである。更に A_{r1} 點に於て殘餘のものは波來土となる。斯の如くセメンタイトが高温度で分解しその炭素が黒鉛に變ずる事をセメンタイトの黒鉛化 (Graphitisation) と呼んでゐる。黒鉛の現はれてゐる鋼は再び加熱して焼入しても十分に硬化しない。随つて工具用には適せない。この黒鉛化の理論については本多博士の有力な説があるが之と反對なものもあり、現今に於てもなほ議論せられる所があつて未だ確定し難いと云ふ者もある。

§ 146. 加工 加工は A_1 點以上に於ける高温加工と A_1 點以下の低温加工とに區別

する事が出来る。この低温加工は多く常温に於て行ふから之を常温加工と云つてゐる。加工とは鍛錬するとか壓延するとか機械的作業を行ふ事で、この作業の温度が A_1 點以上と以下に於て行ふとて鋼の組織又は諸性質に及ぼす影響が著しく異なるのである。

(i) 高温加工 鋼を A_1 點以上に於て靜に加熱すればその結晶粒は成長するが、之に機械的の作業を施すと結晶粒の成長は妨げられると同時に歪も受ける。即ち加工時間が長く加工の程度が大なれば結晶粒の小なる細微組織となる。この加工の終る温度が A_1 點より可成高ければ加工細微結晶は再び成長するが、加工の終る温度が A_1 點に極めて近いか又は A_1 點以下なれば其細微結晶は成長する時間の餘裕のないためそのまゝに残る譯である。即ち高温加工が鋼の組織に及ぼす影響は加工の終る温度に大なる関係をもつものである。高温加工をうけたもので共析鋼は波來土が小さい。加工の終る温度が A_1 點より可成高ければ波來土は發達してゐるが、 A_1 點に近い場合には大洲田粒が小さくなつてゐるため波來土の發達も不十分である。

亞共析鋼は大洲田粒が小さくなつてゐるためにこれより析出する地鐵は大きくはなり得ないで細小なものとなる。波來土も亦極めて細微で容易に黒く腐蝕せられる。加工の終る温度が高ければ大洲田も稍々大となり網状組織も出るが、一般には地鐵は小で網状も見られない。

超共析鋼も同様に初析セメンタイトが大洲田粒の境界に出て網状となるが、加工の終る温度が高ければ網状は見へるが、その温度が低ければセメンタイトの大きさも小さく、網状も見わけ難くなる。

加工によつて細微な組織となれるものは粗大なるものよりも硬度が大で強靱性に富んでゐる。波來土が粒状になつて金相學上の所謂粗粒波組織 (後章参照) となつて波來土より延性に乏しいが、硬度、抗張力、強靱性、弾性限が大である。この組織をうるには高温加工をして粒を細くして、空中冷却によつて A_1 點を早く冷却せしめればよい。高温加工は上記の結果のみならず結晶粒間に存在する間隙を密着せしめる効果があり、低炭素鋼に有効である。

(ii) 常温加工 波來土、地鐵及び初析セメンタイトに變形を與へるに過ぎない。即ち加工の方向にその成分を引き延ばすものであるから、斯の如き鋼は延展性を減じて脆く

なる。而して加工の温度が低いほどその影響が大きい。即ち加工すると鋼の抗張力、弾性限、硬度を増加すると同時に又その密度を増加する。其代りに延展性は減少して脆くなる。

鋼は加工によつて硬度を増し強靱性を大にする事が出来るもので、高温加工なれば延性を相當にもつものであるから、用途によつては加工して機械的性質を良好にする方がよい。但し加工の終る温度は A_1 點以下にならぬ様に注意しなければならない。加工によつて鋼の機械的性質を變へる事が出来る以外に又次の如く焼入焼戻によつてもその組織と性質とを變へる事が出来る。

寫眞 No. 36 は 0.2% C の軟鋼板、No. 37 は 0.5% C 鋼を壓延したものの組織を示し、No. 38 は 0.75% C, 0.75% Mn 鋼の線を常溫で引き延したもので、波來土が變形せる所を示したものである。No. 39 は上記の線を 500°C で半時間焼鈍したものでセメントタイトは凝集し始め、地鉄が再結晶し始めた所を示したもので、更に No. 40 は上記の線を 650°C に半時間焼鈍したもので、地鉄の地へセメントタイトの小粒が出來た所を示したものである。No. 41 は同様なものを標準化したもので、波來土と地鉄は典型的に現はれてゐる。

第六節 鋼の焼入 (Quenching or Hardening)

§ 147. 焼入 焼入とは高温にあるものを急速に冷却する操作を云ふので、例へば鋼を A_1 點以上より水中又は油の中に入れて急冷すると、焼入せぬ前の硬度の 3 倍も著しく硬くなる。但しこの焼入する温度が A_1 點以下から同様な急冷を行つても決して著しく硬くはならない。この事實は次の理由によるものである。

一般に一つの物質に變態がある時に、その變態を起すには時間を要する。この必要時間を與へなければ變態の一部分は停止せられ、高温で安定な形をそのまま低温にまで持ち來たされる。而して温度が降下すると、一般には粘性が大となるために、低温に於て不安定なる形も永く保たれる譯である。この高温に於て安定な状態のものを常溫まで持ち來たす事の難易は、その物質によつて異なる。熔融金屬は急冷しても無定形の過冷融體は得られないが、固體に於ける變態は急冷する事によつて高温に於て安定な形のものを常溫に持ち來す事が出来る。一般にこの事實は純金屬の場合よりも固溶體に於てよく觀察せられるも

ので上記鋼の焼入が之である。

純粹の鐵の γ 形を焼入によつて α 形にする事は出來ないが、 γ に炭素を加へるとその變態を急冷によつて阻止する事が出来る。炭素以外にニッケル、マンガン、クロム等を加へれば急冷せずとも極めて遅い冷却によつても γ 形を常溫に持ち來す事が出来る。又變態がなくとも高温と常溫とで元素の溶解度に著しい變化があれば、この焼入によつて溶解元素の析出を阻止する事が出来る。即ち常溫に於て過飽和の固溶體となつて、溶質元素が十分に析出した混合物と性質を異にするものが得られる。即ち焼入は高温より急冷して途中に起る變態又は溶解度の變化を一部分又は全部阻止して、正規の過程によつて得られるものと異つた性質のものを得る目的で行ふものである。随つて變態點又は温度による溶解度の變化のないものを焼入しても無意味である。

茲に注意すべき事は、高温の状態を知らんとして焼入してその組織を見ても、之が直ちに高温に於ける状態と考へる事は出來ない。焼入して十分に効果を達して途中の變化を全く阻止し得た場合はよいが、之は極めて稀で特別な場合である。多くは變態の一部を阻止するに止つて中間状態の組織となる。又焼入後に常溫に於ても未だその變化が引きつゞき起つて長時間その變化が進行する事がある。之を時効 (Aging) と呼んでゐる。

上記の事實によつて鋼を A_1 點以上と以下から焼入したものの性質が全く異なる事が知れる。但し或合金に於ては焼入して却つて軟いものが得られるから、焼入によつて硬化するとは限らないが鋼の場合には硬化 (Hardening) が伴ふ。この理由については後述する所がある。

§ 148. 鋼の焼入に伴ふ大洲田、麻留田、吐粒洲及び粗粒波組織 焼入鋼の組織を顯微鏡で見ると種々の組織が見られる。之はその焼入の條件の如何によるもので、大體大洲田、麻留田及び吐粒洲又は粗粒波の三つに分けられる。

焼入した鋼の組織を見ると非常に微細な小結品の集團よりなつてゐる。寫眞 No. 43 によつて見られる如く、麻の葉の様に針狀に細く尖つた形をしてゐる。之が第四節 § 143 に既述せる麻留田と同一物で、鐵原子は體心立方型で炭素原子がその格子間に散在してゐる。即ち炭素を過飽和に溶解した α 鐵である。

(i) 麻留田 (Martensite) 特徴は針狀組織で腐蝕せられ難く、硬度と抗張力は大きであ

るが、脆く延展性に乏しい。 α 鐵の空間格子をもち、比重は大洲田及び吐粒洲よりも小で、随つて比容積は兩者より大である。炭素鋼を水中に焼入すれば最も普通に現はれる組織である。寫眞 No. 43 は麻留田組織を示したものである。

鋼を A_1 點以上より水中に最も強く焼入すると γ 固溶體の一部が得られ、多角形の細胞狀の組織が得られる。このものが第四節 § 141 に既述せる大洲田である。

(ii) 大洲田 (Austenite) 特徴は多角形の集合で時々双晶 (Twin) が現はれる。少しく加熱すれば容易に麻留田又は吐粒洲に変化する。 γ 鐵の空間格子で粘性をもち麻留田よりも硬くない。普通の鋼を強く焼入しても全部大洲田組織とする事は出来ないが、炭素と共にニッケル、クロム、マンガンが加つてゐれば急冷せずとも全部大洲田の組織が得られ易い。寫眞 No. 42 は大洲田組織を示したものである。

鋼を A_1 點以上より水中に焼入せる時に上記の麻留田組織が現はれるものであるが、麻留田は元來が波來土に変化すべきものである。之が急冷によつて常溫に持ち來されたものであつた。今若し水中焼入をもう少し緩かにする。例へば水の代りに油とか温湯中に焼入すれば焼入効果が十分でないために、麻留田の一部が波來土に變つた組織が得られる。又麻留田組織のものを再び溫度を高めて $200\sim 300^\circ\text{C}$ に少時間熱すれば、不安定の麻留田の一部は鐵とセメントイトに分離して波來土になる。斯の如く麻留田から波來土になる時には、この波來土は未だ波打狀又は層狀をなしてゐない。この組織をトルースト組織 (Trooste) 又はトルースタイト (Troostite) と呼んでゐる。

(iii) 吐粒洲 (Troostite) 大きな鋼材を水中に焼入する時に外部は麻留田となるも、中央部は焼入効果が十分でないためにこの組織がよく現はれる。鋼を温湯又は油中に焼入しても同様に得られる。この組織は麻留田に比して硬度も遙に小で、酸に腐蝕せられ易く容易に黒くなる。例へばピクリン酸の 5% アルコホル溶液中に 5~10 秒浸せばすぐ黒色となるが、麻留田は 40 秒以上浸さなければ色がつかない。吐粒洲は麻留田の地に結節狀となつて網狀に廣がつて見へる事がある。この譯名も亦本多博士の命名せるもので、麻留田組織の各部より微粒が吐き出されて出來たものであるからである。吐粒洲は鐵とセメントイトの微粒の混合物であるから本質的には波來土と異なる所がない。

この吐粒洲組織の鋼を更に $500\sim 600^\circ\text{C}$ に加熱すると微粒は次第に凝集して粗粒となる。

その粒の大きさは顯微鏡で見られる。粒の大きさがこの程度に達したものをソルビー (Sorby) 組織又はソルバイト (Sorbite) と呼んでゐる。本多博士は之を粒が粗大になつたと云ふ意味で粗粒波と譯されてゐる。

(iv) 粗粒波 (Sorbite) 大きな鋼材を油の中に焼入する時又は小さな鋼片を空中冷却をなす時に現はれる。吐粒洲よりは軟く、腐蝕しても吐粒洲ほど黒くはならない。麻留田に比して著しく軟くはあるが、波來土に比して硬く且つ強靱であるから、硬度を必要とする機械の諸部にこの材料を使用すればよい。この組織も亦その本質は波來土と同一のものであるが波來土の如く層狀が明ではない。

(v) オスモンダイト (Osmondite) この組織は吐粒洲と粗粒波との中間のもので、特に酸によつて容易に腐蝕せられ暗黒となるものに、Heyn 氏が Osmond 氏の發見を記念してこの名稱を與へたものである。吐粒洲の中で粒の大なるものである。吐粒洲と粗粒波は上述の如く單に程度の差で決して明瞭な境界區別があるものではないから、随つてこのオスモンダイトなる名稱は廣く用ひられてはゐない。

寫眞 No. 42~47 は總て硝酸 1% のアルコホル溶液で腐蝕したもので、No. 42 は 100 倍にしたもので 0.5% C, 24.4% Ni 鋼の大洲田組織を示し双晶が現はれてゐる。No. 43 は 1.2% C, 3.0% W 鋼を 1200°C に加熱し 750°C まで徐冷してから空中冷却をしたもので 500 倍に示し、大洲田粒の中に麻留田の現はれてゐる所を示した。No. 44 は 0.6% C 鋼を 800°C から水焼入せるもので麻留田の一部が吐粒洲に變じた所を示し、麻留田と吐粒洲の混在せるものである。No. 45 は 0.73% C, 1.7% Mn 鋼を急冷せるもので麻留田と吐粒洲を示せるもの、更に No. 46 は 0.4% C, 0.42% Mn 鋼で油中に焼入せるもので麻留田と吐粒洲が粗粒波的になつた所を示したものである。No. 47 は 0.9% C 鋼を暖い水に 760°C から焼入したもので粗粒波組織を示したものである。No. 44~No. 47 は 1000 倍である。

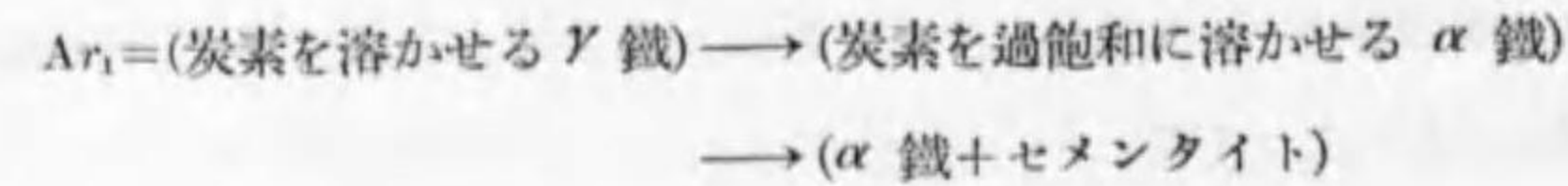
§ 149. 本多博士の焼入理論 本多博士の A_1 變態の説明を簡単に式をもつて書けば次の如くなる。

$A_1 =$ 大洲田 (炭素を溶解せる γ 鐵) \rightleftharpoons 波來土 (α 鐵とセメントイトの混合物)

今 鐵原子の γ 型より α 型の變化を (1)

炭素原子が鐵原子の空間格子よりセメントイトとして分離する變化を (2)

とすれば



炭素を溶かせる α 鐵は麻留田である

故に $A_{\gamma} = \text{大洲田} \longrightarrow \text{麻留田} \longrightarrow \text{波來土}$

即ち A_{γ} 變態は大洲田より麻留田次に波來土へと階段的な變化をする。この説明は相則に矛盾すると主張する者もあるが、この反對は却つて誤である。何となれば相則は平衡を意味し同時に存在する相と成分との關係を表すものであるが、麻留田は平衡状態に於ては變化し去つて全く現はれないからである。

徐々に冷却する際には A_{γ} 點に於て大洲田は先づ麻留田に變化し、不安定の麻留田は直ちに波來土に變化するからその結果は次の如くなる。

大洲田 \longrightarrow 波來土

焼入すれば大洲田より麻留田への第 1 變化は遅れ 300°C 以下で始めて起り、その變化の終る頃には試料は殆ど常溫になる。随つて麻留田より波來土への第 2 變化は、常溫に於て試料の粘性のために起る事が出来ないで麻留田のまゝで残る譯である。

鋼が焼入によつて著しく硬度を増す事は、上記の第 1 變化が完結して第 2 變化が完全に阻止せられた時に得られるのである。若し急冷速度が前の場合よりも少し緩慢なれば第 2 變化の一部分は進行して吐粒洲 (波來土) が麻留田と混じて現はれる。而して大洲田と麻留田及び波來土の硬度は次の如くである。

大洲田の硬度 < 麻留田の硬度 > 波來土の硬度

随つて吐粒洲 (波來土) を混有してゐる麻留田組織即ち不完全な焼入鋼の硬さは、純粹の麻留田の硬度よりも小さい。又冷却速度が極めて急速な場合は、第 2 の變化が完全に阻止せられる事は勿論第 1 の變化も一部分阻止せられる。この時には大洲田を混有した麻留田となり、其硬度は又純粹の麻留田よりも小さい。斯の如き場合には更に之を液體空氣にて冷却すると残留せる大洲田は麻留田に變化するからその硬度を増加する。

麻留田の名は大洲田から波來土への變化が中途で遮断せられて次の變化が進行しない時に現はれる組織で、麻の葉の結晶で留まつた組織の意味で本多博士がこの譯名を附した事

は前述の通りである。

§ 150. α 麻留田と β 麻留田 焼入鋼の表面に X 線をあて、鐵原子の配列を精細に研究すると、之が體心立方格子ではなく軸比が 1.07 位の體心正方格子である事が知れる。焼入鋼の極めて薄い上層面だけがこの體心正方格子であるが、表面より 1~2 耗の内側のものは早全部體心立方格子である。兩者の相異は單に立方格子の一方が 7% 丈延びたに過ぎないものである。随つて兩者の共性質も亦極めてよく類似してゐるから、この體心正方格子型のものも麻留田と呼んで之を α 麻留田と名づけ、體心立方型元來のものを β 麻留田と名づけてゐる。但し炭素原子は何れも鐵格子内に過飽和に溶解してゐる。

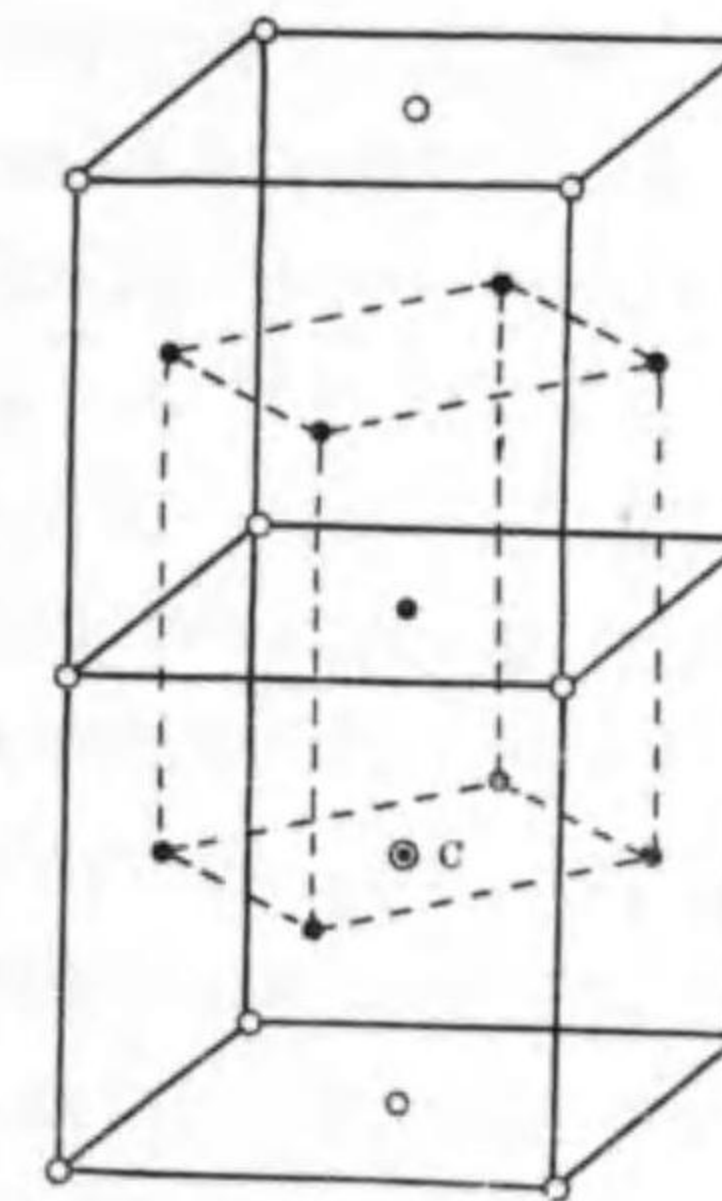
α 麻留田は β 麻留田に比較して不安定で酸には腐蝕せられ易い。又硬度も少し低い。比容は β よりも大である。又磁性は弱く電氣抵抗は大である。

§ 151. 大洲田より麻留田への變化の機構 大洲田より麻留田へ變化する機構について本多博士は最近次の如き説を提唱せられてゐる。

大洲田中の炭素は γ 鐵格子の如何なる位置にあるかは X 線によつて明にする事は出来ないが、鐵格子内の最も空隙の大なる所即ち體心の位置にあるであらうと考へられてゐる。而して大洲田は鐵原子の配列が面心立方型ではあるが、之を次の如く體心正方晶型とも見る事が出来る、即ち第 123 圖は面心立方格子を二つ縦に積み重ねたもので、その中で黒球印の鐵の原子のみに着目すると體心正方晶型である。そしてその長軸と短軸との比 $\frac{c}{a}$ は $\sqrt{2} = 1.414$ である。體心立方格子は軸比 $\frac{c}{a} = 1$ の體心正方晶型の特別な場合と見る事が出来るから大洲田より麻留田への變化は次の如き正方晶系の軸比の變化とも考へられる。即ち

$\frac{c}{a} = \sqrt{2}$ の正方晶より $\frac{c}{a} = 1.07$ の正方晶となり、之が更に $\frac{c}{a} = 1$ の正方晶となる。然るに第 1 は大洲田、第 2 は α 麻留田及び第 3 は β 麻留田であるから、上記の變化は大洲田より α 麻留田となり、之が更に β 麻留田になる事である。即ち

第 123 圖



軸比 $\sqrt{2}$ 正方晶 \rightarrow 軸比 1.07 正方晶 \rightarrow 軸比 1 正方晶

即ち 大洲田 \rightarrow α 麻留田 \rightarrow β 麻留田

随つて大洲田より麻留田に変化する機構は先づ軸比 $\sqrt{2}$ の體心正方晶を長さの方向に一様に壓縮して之に直角の方向に一様に膨脹せしめて軸比 1.07 とすれば α 麻留田となり、更に同様に壓縮と膨脹をなして軸比 1 とすれば β 麻留田が得られる。大洲田中の炭素原子は體心に、又麻留田中の炭素原子は面心にあるから、前記の變化の際には炭素原子は鐵の原子に對して別にその位置をかへる必要がなく、そのまま留つておればよから大洲田より麻留田への變化は極めて一層簡單である。純炭素鋼のこの變化を焼入によつて阻止する事が出来ない事と、この變化が低温にても起り得る事は上記の考によつて明瞭に了解せられる。

麻留田より波來土への變化は、炭素原子が鐵原子の格子内より粒の境界まで擴散して析出しなければならぬ變化であるから、高温度でなければ進行し難い。之がために麻留田より波來土への變化は常温では殆ど進行しない譯である。

又 α 麻留田が焼入鋼の表面にのみ生じ内部に β 麻留田を生ずる譯も簡単に説明する事が出来る。之は焼入によつて表面は最も急に冷却せられるから、第 1 の變化即ち大洲田より α 麻留田への變化が大部分進行するが一部は阻止せられる。又第 2 の變化即ち α 麻留田より β 麻留田は全部阻止せられるから、表面の近くには多少の大洲田を混有する α 麻留田を生ずるのである。又鋼の内部は比較的緩慢に冷却せられるから、第 1 の變化大洲田より α 麻留田及び第 2 變化 α 麻留田より β 麻留田への變化は十分に進行して内部に β 麻留田が出来るのである。

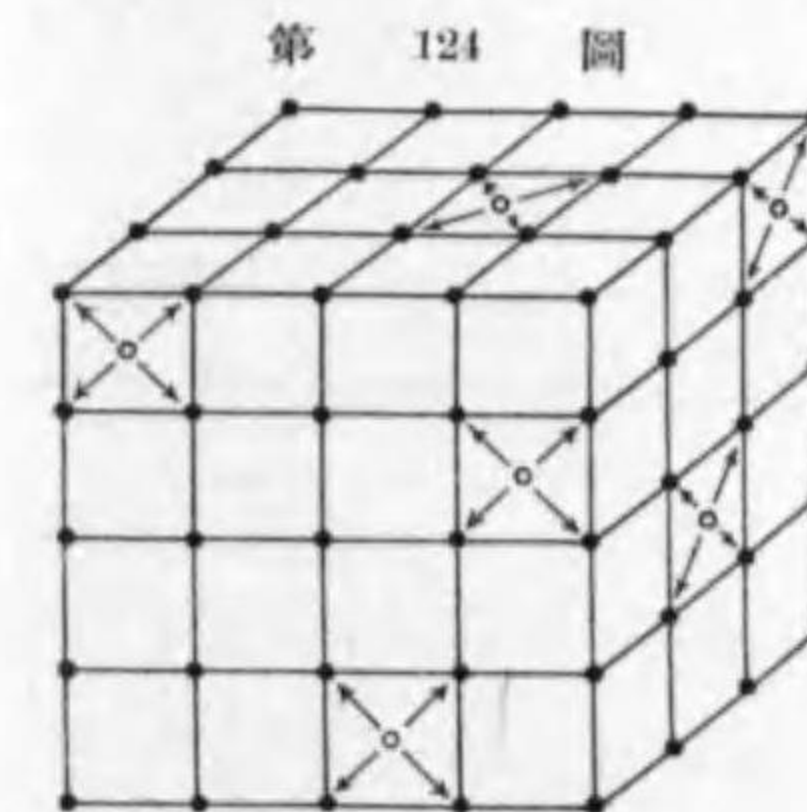
焼入が極めて強く行はれる時に鋼の内部に β 麻留田と同時に大洲田を多少混へるも α 麻留田が少しも生じない事實がある。之は α 麻留田の比容が大洲田及び β 麻留田の比容より著しく大であるから、内部に於て大洲田より α 麻留田になる事は強大なる壓力をうける事になり、變化は極めて困難となるからである。随つて大洲田は α 麻留田に變化せずに残留するか、變化すれば直に比容の小なる β 麻留田となつてしまふためである。以上は最近に於ける本多博士の焼入理論とその機構についての巧妙なる説明である。

§ 152. 焼入液について 同一炭素鋼を同温度より水中に焼入すれば麻留田を得るが、

之を油に焼入すると吐粒洲が得られる。斯の如くその焼入効果は焼入をする液によつて異なる。この原因は加熱鋼より熱を奪ひ去る速度又はその能力の相異によるためである。熱を奪ひ去る速度は液の比熱、熱傳導度、粘性、揮發性による。比熱の大なるものは熱をとつて温度の昇る事が少い。随つて多量の熱をとつて鋼を冷却せしめる。熱傳導の大なるものは速に冷却し、粘性の大なるものは熱を奪ひ去る事が少くない。又揮發性の大なるものは加熱鋼の表面にその蒸氣を作つて之を圍繞するから、その冷却を妨げる。随つて揮發性が小で沸點の高い液の方が焼入効果が大である。故に焼入液としては比熱と熱傳導度が大きで粘性が小で揮發し難いものが最も大なる効果をあらはすものである。又是等の諸性質を適當に組合せたときに所要の焼入液が得られる譯である。

§ 153. 麻留田の硬度と比容 麻留田の鐵原子の配列は α 鐵と同一であるにも拘はらずその硬度は α 鐵の 3~4 倍も大である。麻留田が α 鐵と異なる所は炭素を溶解せる事と、焼入によつて生ずるものであるから、その内部に歪をうけてゐる事、更に焼入によつてその粒子は極めて微細なるものからなる事が違つてゐる。實際是等の事實が麻留田の硬度を著しく高める原因となる事は確である。炭素が鐵格子中に溶解せるため何故硬度が大になるかと云へば、炭素原子は鐵の格子を歪ませる。そのために結晶内に生ずる歪りを妨げるからである。

この炭素原子が鐵の格子内で如何なる位置にあるか之は X 線によつても未だ知る事は出来ないが、本多博士は α 鐵の立方格子面の中心にあるであらうと云はれてゐる。即ち炭素原子は格子内に於て鐵の原子とある距離で釣合を保たなければならない。餘り接近す



●印は鐵原子 ○印は炭素原子

る事は五の斥力のために出来ないから、周囲の鐵原子に對して相對的の位置をとるものであらうと主張せられてゐる。斯の如く考へれば、第 124 圖に於て○をもつて示せる如く炭素原子は主に隣接する 6 個の鐵原子に原子力を及ぼして互に釣合つてゐる。同博士は高温に於ける炭素の鐵に對する溶解限度は 1.7% であるから、鐵格子内に入りうる炭素原子数の最大数は鐵原子 20 個に對して 1 個を超える譯にはゆかない。随つて空

間格子の面心に位置する炭素原子は格子上の鉄原子に力の作用を及ぼして、四角の枠に對角線の張り棒を入れた如くなつて、格子の構造を著しく強くすると考へておられる。

上記本多博士の考によると焼入鋼の硬度は炭素量と共に増大すべきであるが、この結論が含有炭素量 0.6% 位までの鋼にはよく事實と一致するものであるが、炭素量がこれ以上のものにあつては、炭素が加つても大して硬くはならない。この事實は炭素量が増加すると大洲田が現れ易く又麻留田の結晶が次第に大きくなる事によつて容易に説明する事が出来る。

而して焼入に伴ふ各種組織の硬度は大體次の如くである。

大洲田 < 麻留田 > 吐粒洲 > 粗粒波

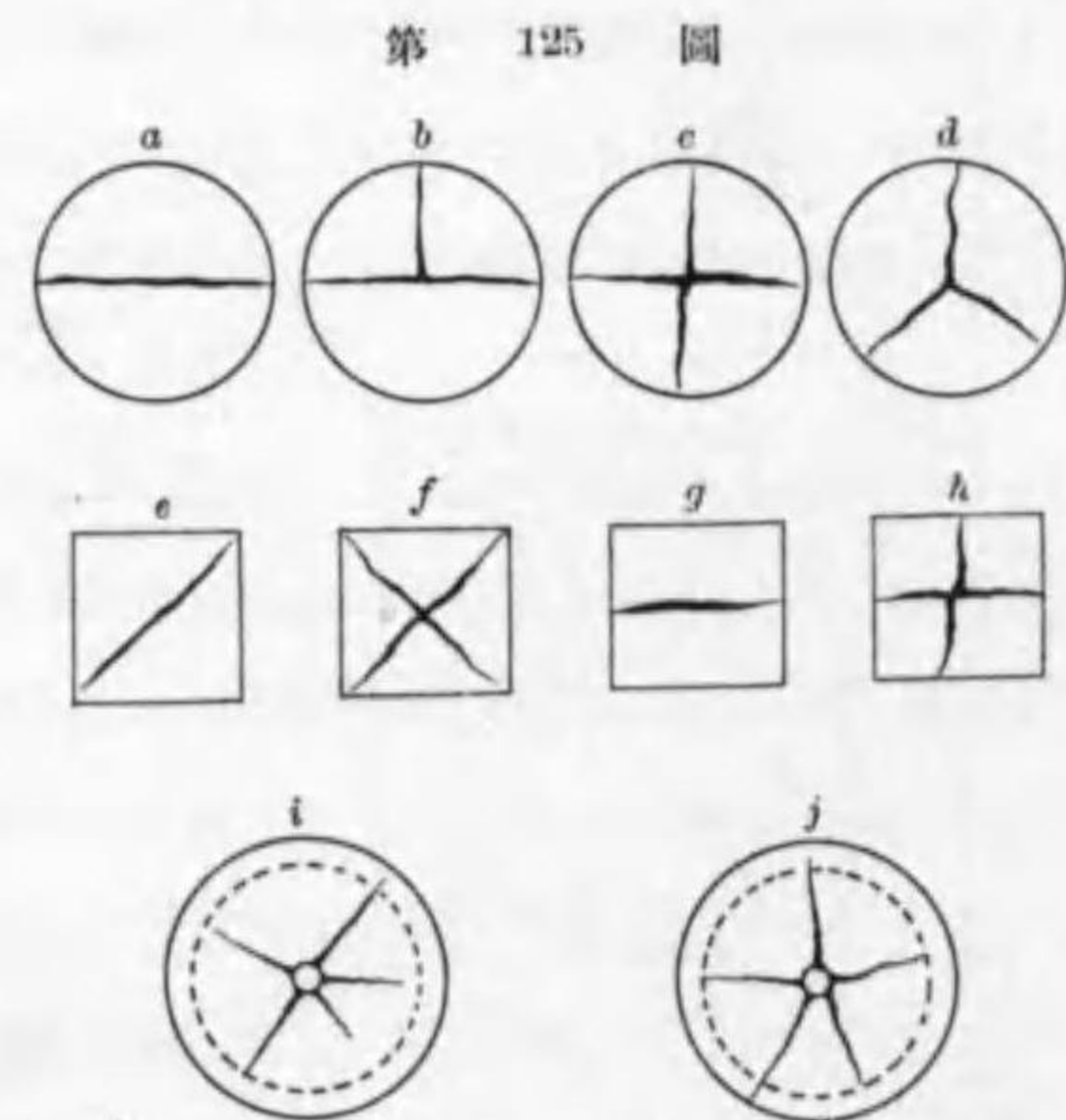
次に比容は次の順序となる

麻留田 > 波來土 (吐粒洲) > 大洲田

大洲田より波來土への變化が大洲田より麻留田への變化よりも容積變化が小さい事は大洲田→麻留田變化は γ 格子型→ α 格子型であり、大洲田→波來土の變化は γ 格子型→ α 格子型と、固溶體中の炭素→遊離セメントイトの兩變化が起るため、 γ 格子型→ α 格子型の變化には著しい膨脹が伴ふが、固溶體炭素→遊離セメントイトの變化には收縮が伴ふためである。随つて焼入に伴ふ容積の膨脹は大洲田→麻留田の變化が完全に起り、麻留田→吐粒洲の變化が起らない時に最も著しく、吐粒洲の生成の多い程膨脹が少ない。又大洲田→麻留田の變化が阻止せられる事の多いほど膨脹が少ない。

§ 154. 本多博士の焼割れの理論

硬鋼を 800°C 以上の高温から水中に焼入すると龜裂を生ずる。之を通常焼割れと呼んでゐる。この現象は焼入によつて比容の大なる麻留田を生ずるために因るもので本多博士は之を次の如



第 125 圖

くに説明せられてゐる。

(i) 加熱の際には焼入温度が A_{c1} 點以上より、又冷却の際には A_{r1} 以上より焼入しなければ焼割れを生じない事。

(ii) 焼割れの形は通常極めて簡單で第 125 圖に示す如くであつて決して純粹金屬の場合に見るが如き不規則で浅いものでない事。

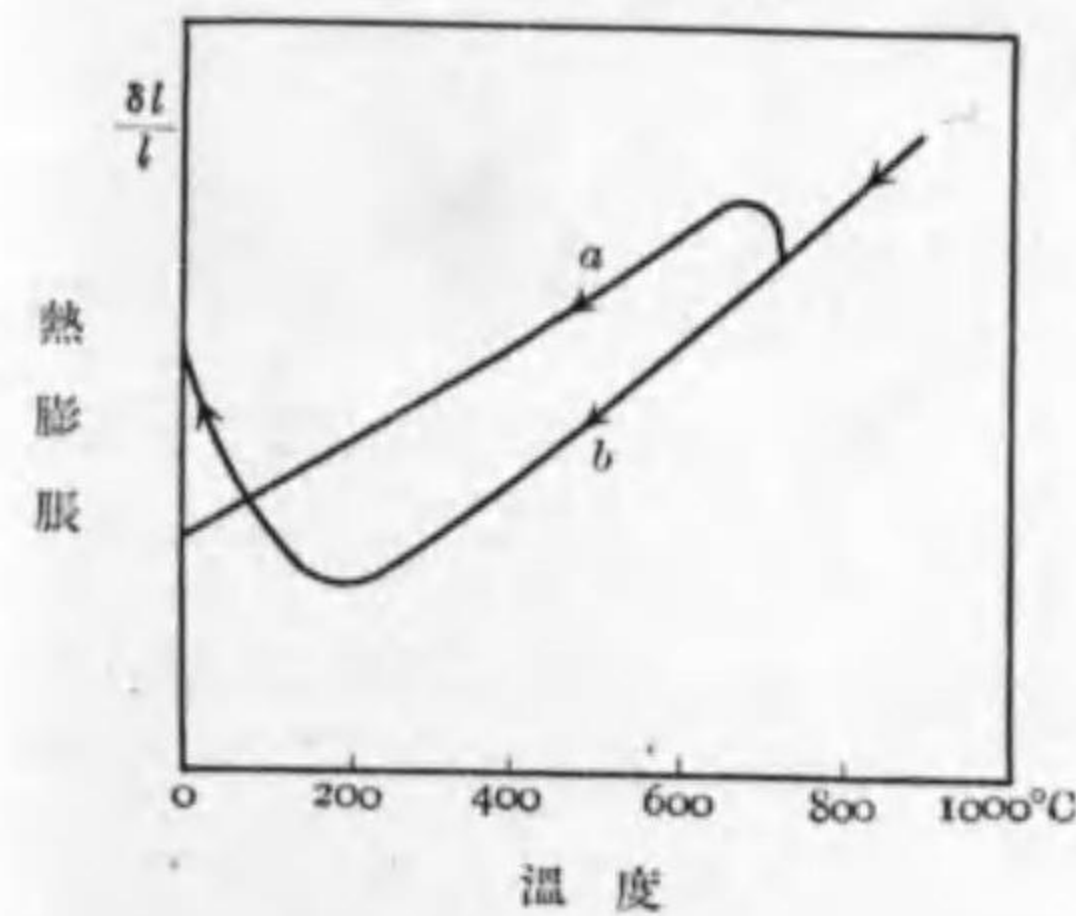
(iii) 焼入が急速冷却で所謂硬い焼入の際には焼割れは焼入の直後に生ずるが、普通の焼入即ち軟い焼入の際には焼入後試料が常温近くに降下してから生ずる事。

(iv) 純鐵は高温より焼入するも焼割れを生じない。又割目を生ずるとも之は極めて不規則で微細なもので、第 125 圖に示された如く簡單なものではない事。

焼割れは試料の内外に於ける温度の差によつて生ずる熱歪によると考へられるが、斯の如く簡單なものではない。何となれば (iii) の如く鋼が常温に降下してもなほ焼割れは生ずるからである。(iv) の如き微細な不規則的の割目は明にこの熱歪によるものであるが、この種のものは炭素鋼の焼割れと區別せらるべきものである。

本多博士によれば、之は焼入の際に外部より發生して内部に進入する麻留田的の膨脹である。何となれば實驗の (i) の如く、焼割れは A_1 點以上より焼入する場合にのみ生ずるから

第 126 圖



ら麻留田の成生による事は確實である。今鋼を徐々に冷却すればその冷却による收縮曲線は第 126 圖の a に示す如くで、 A_{r1} 點以上は殆ど直線的に收縮し、 A_{r1} 變態に際して膨脹し、其後は再び直線的に收縮する。然るに焼入の如く急速な冷却に於ては、收縮曲線は b に示す如き形をなし、大洲田より麻留田への變化は普通の A_{r1} 點に於ては生じないで著しく下降せられ、200~300°C

で初めて始まる。随つて焼入後直ぐに焼割れが生ずる場合は鋼の外部は a の如く冷却し、内部は b の如く冷却し、内部組織は麻留田に止り、麻留田より波來土への變化は進行しない。故に鋼は常温に於ては著しく膨脹せる状態になつてゐる。而して外部は内部より強大

なる張力を受ける。若しこの張力が十分に大なる時は A_1 點の直ぐ下で焼割れが生ずる。硬い焼入に際して焼入後直ぐに生ずる焼割れはこの張力による。この裂目は恰も内部より押し裂かれた如き有様を呈する事によつても了解せられる。

次に軟な焼入に於ては上記の張力は焼入れの直後に焼割れを生ずる程に大きくない。この場合には鋼の温度がある値以下に降るときは、内外膨脹の差は温度の降下するに従つて却つて減少し遂には零となり、後其符號を變ずる。故に終りの場合には外部は却つて内部に張力を及ぼす。而して温度が更に降下して常溫に近くなるに従つて内外の膨脹の差が益々増加して此張力は著しく増大する。随つて鋼は遂にこの張力に堪へないで焼割れを生ずるのである。故に焼入後暫くして後に生ずる焼割れは直に生ずる焼割れとは之を生ずる歪力の方向を異にする。故に是等の二種の焼割れは自らその裂目の模様を異にする譯である。普通の焼割れは後者の場合が多く、その割れ方を見ると焼割の幅は中心の方が廣く、又同様な焼割れの外に周圍に近く圓形の裂目が現はれるので何れも内部が外部より張力をうけて生じた事を示してゐる。而して是等の變化は炭素量が多い程著しいから焼割れを生ずる事も著しい。

通常の焼入の場合には多く低溫度になつてから焼割れを生ずるものであるから、之を防ぐには 200°C 以下に於ける麻留田への變化を徐々に起らしめればよい譯である。それには焼入後常溫まで試料を降下せしめずに $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ 附近を徐々に冷却すればよいので、水焼入の後に油中に入れて緩冷するか又は水中焼入後 $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ の爐邊において緩冷すれば焼割れを防ぐ事が出来る。この焼割れは製品の鋼の厚さが不均一な部分に起り易い。即ち薄い部分は早く冷却して麻留田となるから遅く冷却する厚い部分との間に焼割れを起し易い。又焼入をすれば焼割れは生じなくとも歪をうけるから、使用中とか又は焼戻をする際に龜裂を起し易い恐がある。故に焼入れして後に常溫に達する前焼入液より取り出し直ちに少く再熱して歪をとる事が必要である。

第七節 鋼の焼戻 (Tempering)

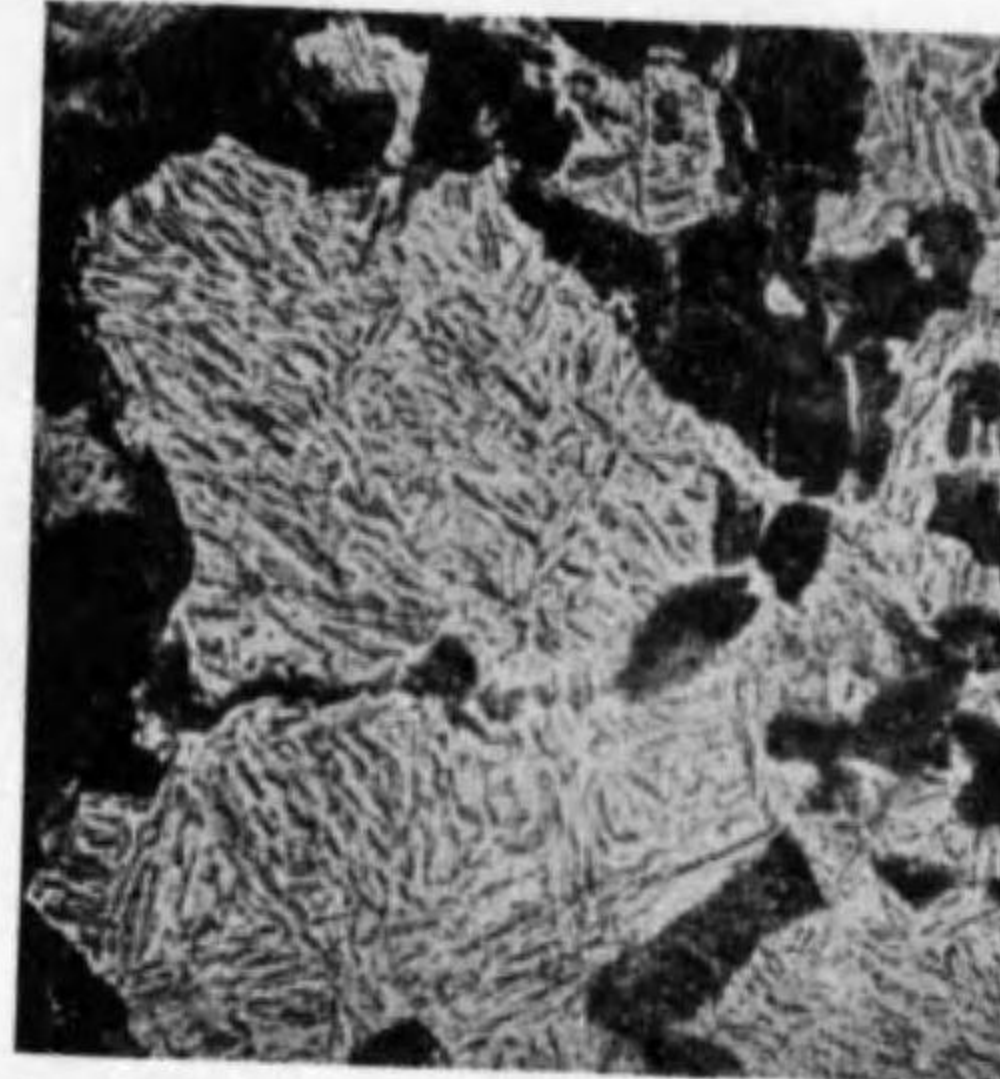
§ 155. 焼戻 焼入鋼は極めて硬く脆いから、之に強靱性を附與するために、 A_1 變態

0.33% C, 0.54% Mn 鋼の熱鍊 (A_{c1} max. 732°C A_{c2} ends 814°C) 腐蝕液は 2% 硝酸アルコール溶液、倍數 250 倍 (No. 48~No. 53.)

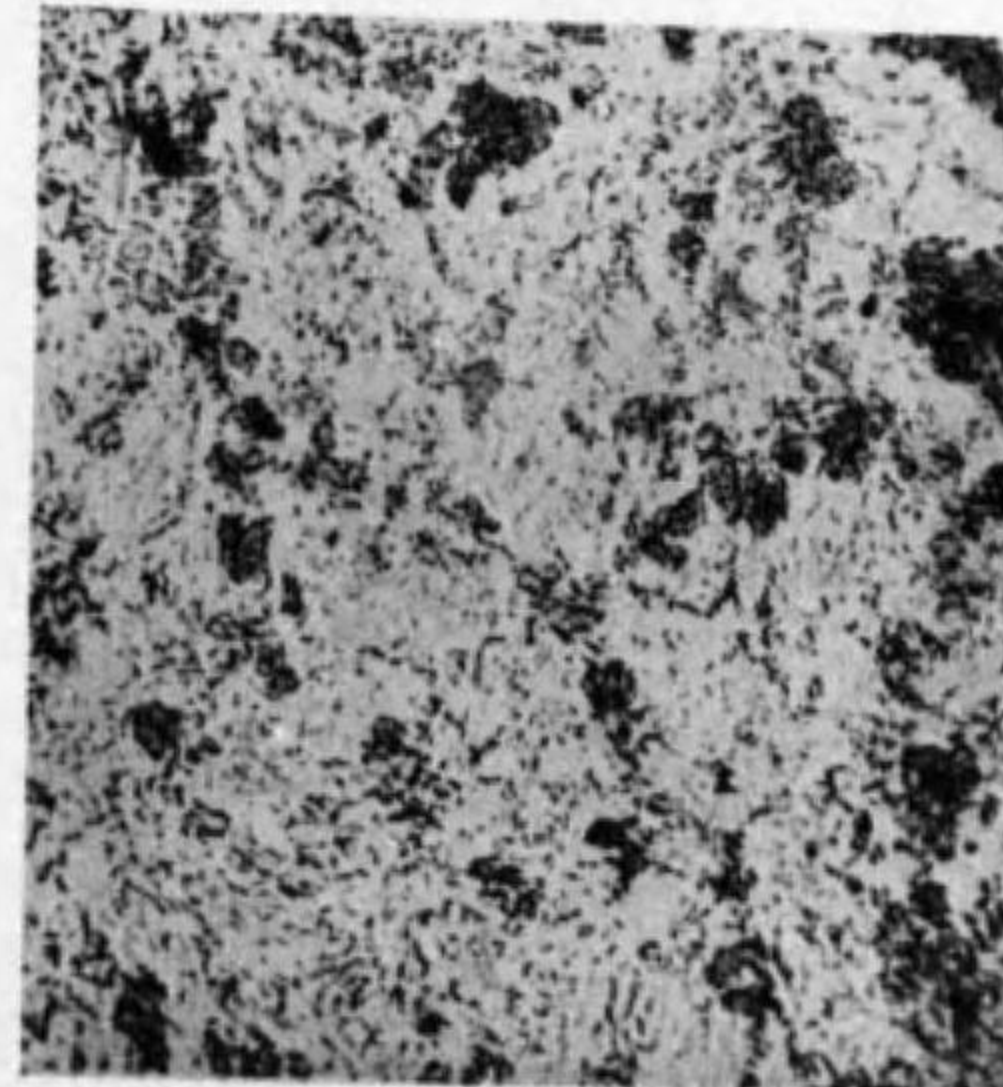
No. 48. 900°C より緩冷せるものでフェライトと細い層狀波來土を示す。ブリネル硬度 136



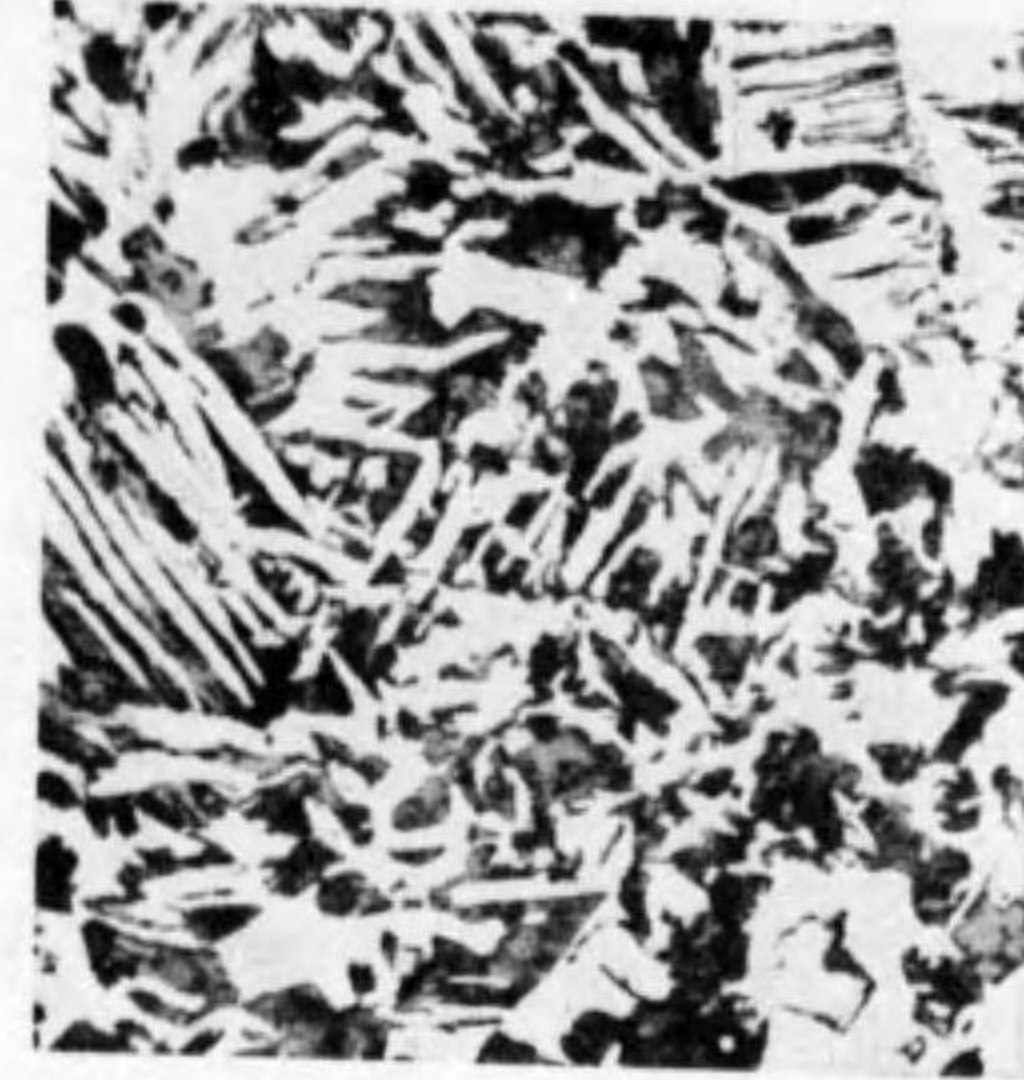
No. 50. No. 48 を 900°C に加熱して水中焼入する。 A_{c3} 以上であるからフェライトは全部固溶體となる。この小片を水中で急冷せるために麻留田(灰色部)と吐粒洲(黒色部)となる。ブリネル硬度 390



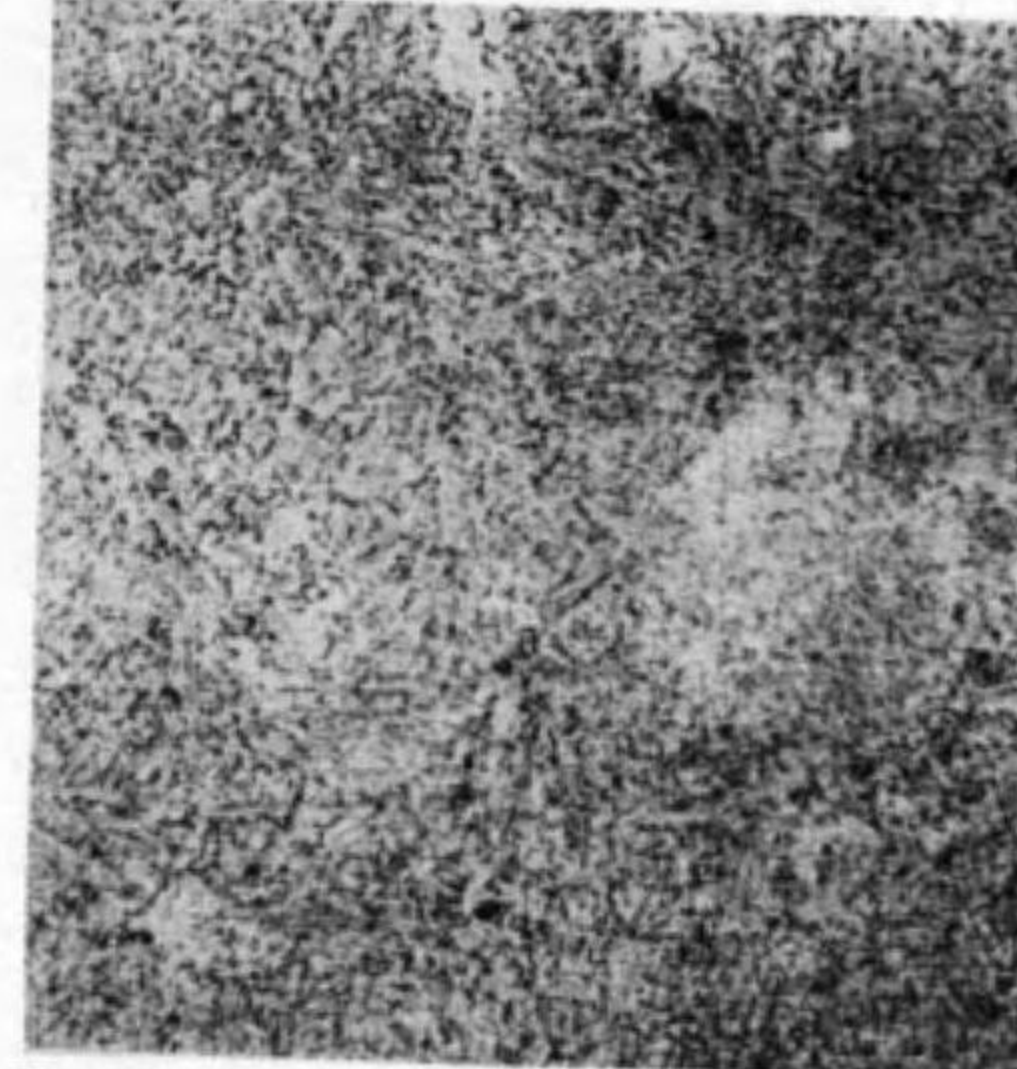
No. 52. No. 51 を 745°C に加熱して緩冷する。 A_{c1} 以上になるから再び固溶體が、凝集せるセメントイトの周に出来る。冷却に際して固溶體より波來土を生ずるが、緻密な地へ波來土が析出する故にそれは不完全である。ブリネル硬度 142



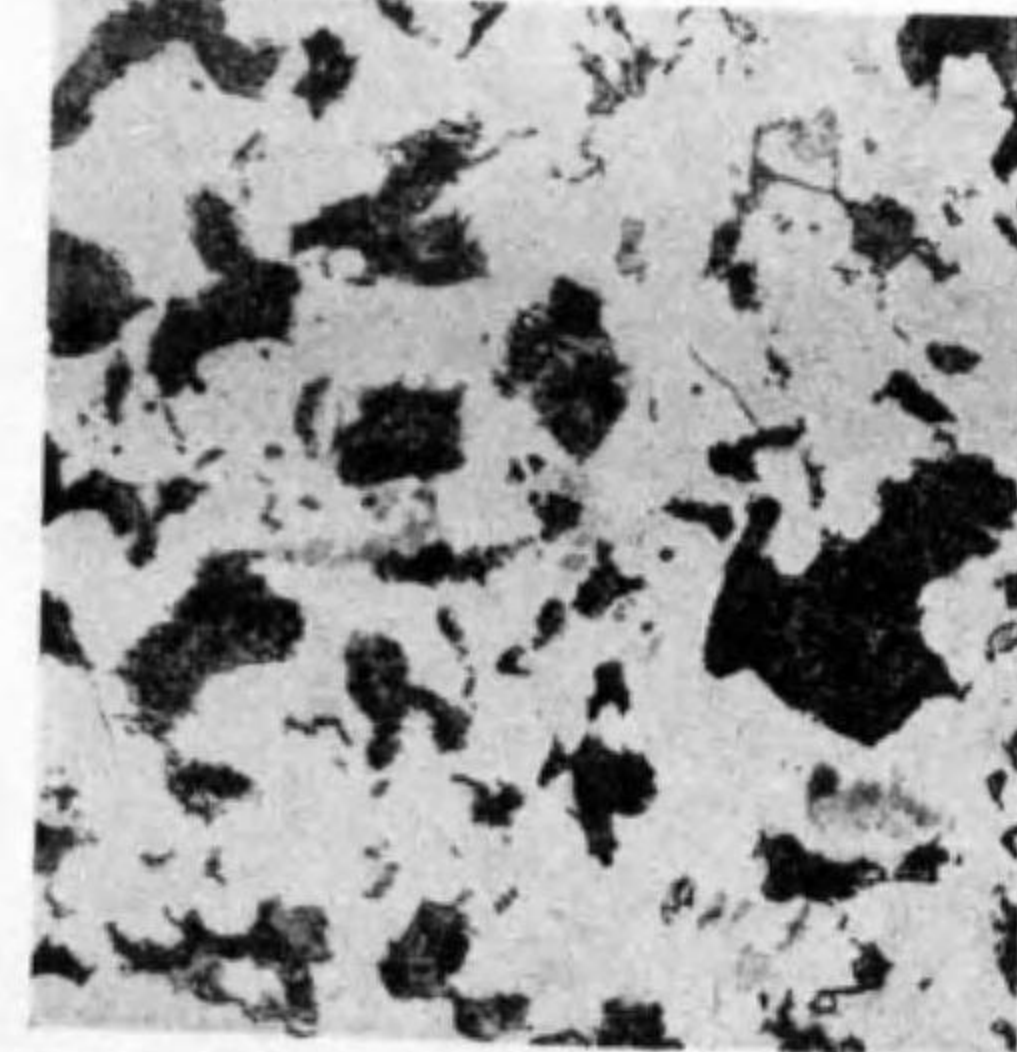
No. 49. No. 48 を 775°C に加熱して油中焼入する。 A_{c1} で波來土中のセメントイトはフェライトに溶け固溶體となる。 A_{c3} 以下の 775°C に長くおかれるためフェライトの一部は固溶體とならずに残留する。油中に冷却した後では組織はフェライトと粗粒波來土となる。ブリネル硬度 210



No. 51. No. 50 を 730°C に加熱して緩冷する。 A_{c1} の直下で加熱せられるため粗い粗粒波來土となる。フェライトの地にセメントイト粒が存在する。ブリネル硬度 170



No. 53. No. 51 を 830°C に加熱して緩冷する。 A_{c3} 以上になるから均一な固溶體が出来る。之が冷却に際して A_{r3} と A_{r1} の間でフェライトを析出し、 A_{r1} で波來土になる。No. 48 の元の試料の粒よりも却つて小さい粒の波來土とフェライトとなる。ブリネル硬度 136



No. 54. 亜共晶白鉄 (×100)

黒色部は初晶大洲田として出で、之が A_1 以下で波來土となつた部分を示し、他の部分は共品のレデブライトを示す。硝酸腐蝕



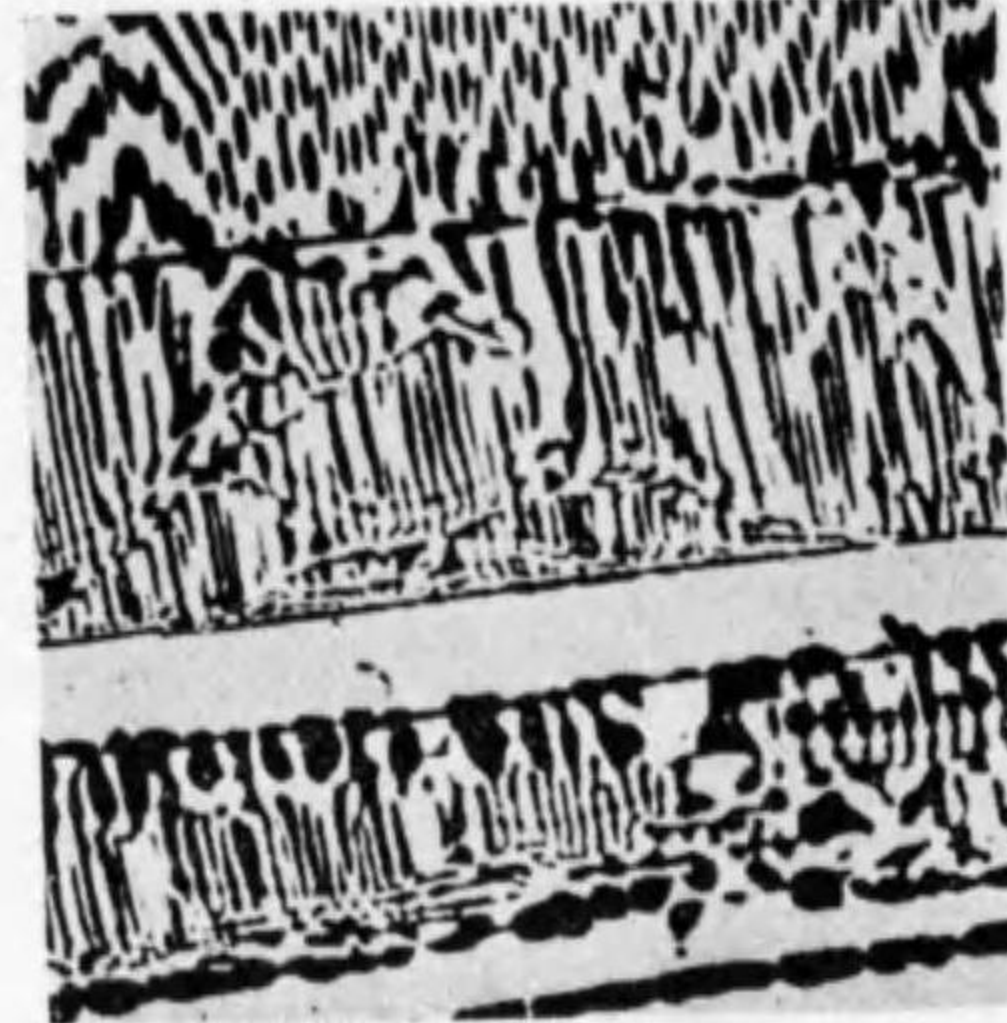
No. 56. 共晶白鉄 (×100)

レデブライトと稱する共晶組織を示す。腐蝕液同上



No. 55. 超共晶白鉄 (×100)

白色棒状は初晶として析出したセメンタイトで他の黒白混合部分は共品のレデブライトを示す。この寫眞の中央部を斜に切ると No. 54 の如く、又水平に切ると No. 56 の共晶組織の如く見える。腐蝕液同上



No. 57. ヘマタイト質鐵 (×100)

黒色片状のものが黒鉛を、黒鉛から離れた白色部がセメンタイトを、灰色層状のものが波來土を示す。腐蝕液同上



點以下の溫度まで熱する操作を通常焼戻と呼んでゐる。焼戻は焼入鋼を處理する操作であるから第五節 §144 の焼鈍とは區別しておかなければならない。

焼入によつて大洲田又は麻留田組織の生ずる事は急冷のため A_1 變態の全部又は一部が阻止せられたために生じたものであつて、常溫に於ては安定なものではない。常溫に於ては α 鐵が安定であり、之は殆ど炭素を溶解しないものである。既に屢々記せる如く大洲田は γ 鐵の炭素固溶體であり、麻留田は α 鐵に炭素が過飽和に溶解せるもの (A_1 點で α 鐵は炭素を僅に 0.035% を溶解し、常溫に於ては不溶) であるから、常溫に於ては大洲田は麻留田に變化すべく、又麻留田は波來土に變化しなければならない。常溫に於てもこの變化が起つて所謂時効 (ageing) を起しつゝあるのであるが、鋼の粘性又は剛性が大きなるために阻止せられて、その變化の速度は極めて遅く、觀察する事が出来ない位である。然るにその鋼を加熱すれば、粘性は減ずるからこの變化は容易に起つて安定状態になる。故に焼戻と云ふ事は焼入鋼の不安定状態を安定状態に變化せしめるための操作とみる事が出来る。

寫眞 No. 48~No. 53 は 0.33% C, 0.54% Mn 鋼で、その A_c1 範圍の最大 732°C , A_c2 の終りは 814°C である、之が熱處理によつて組織の變化する所を示したもので、總て硝酸 2% のアルコール溶液で腐蝕したもの、倍率は 250 倍である。No. 48 は 900°C より徐冷したものでフェライトと波來土よりなり、硬度はブルネルで 136 位である。No. 49 は同じ試料を 775°C に加熱し油中に焼入したものでフェライトと粗粒波狀的の波來土を示しブルネル硬度 210 位である。No. 50 は 900°C に加熱し水に焼入したもので麻留田と吐粒洲を示してゐる。ブルネル硬度は 390 位となる。更に No. 51 は No. 50 の試料を 730°C (A_1 以下) に加熱して徐冷せるもので粗粒波狀組織を示すもので、硬度は 170 となる。No. 52 は No. 51 を 745°C (A_c1 以上) に再び加熱して徐冷せるもので A_1 以上で固溶體を生じ、冷却の際波來土を生ずるが、その組織は十分でない。硬度は 142 位である。No. 53 は No. 52 のものを 830°C に加熱して徐冷せるものでフェライトと波來土を示し、粒の大きさは始めの No. 48 よりも小さい。

§ 156. 焼戻に伴ふ組織の變化と物理的性質の變化 焼戻に伴ふ組織の變化は焼入の時と全く同様で次の如くである。

- (1) 大洲田 → 麻留田 (大洲田 → α 麻留田 → β 麻留田)
- (2) 麻留田 → 吐粒洲
- (3) 吐粒洲 → 粗粒波

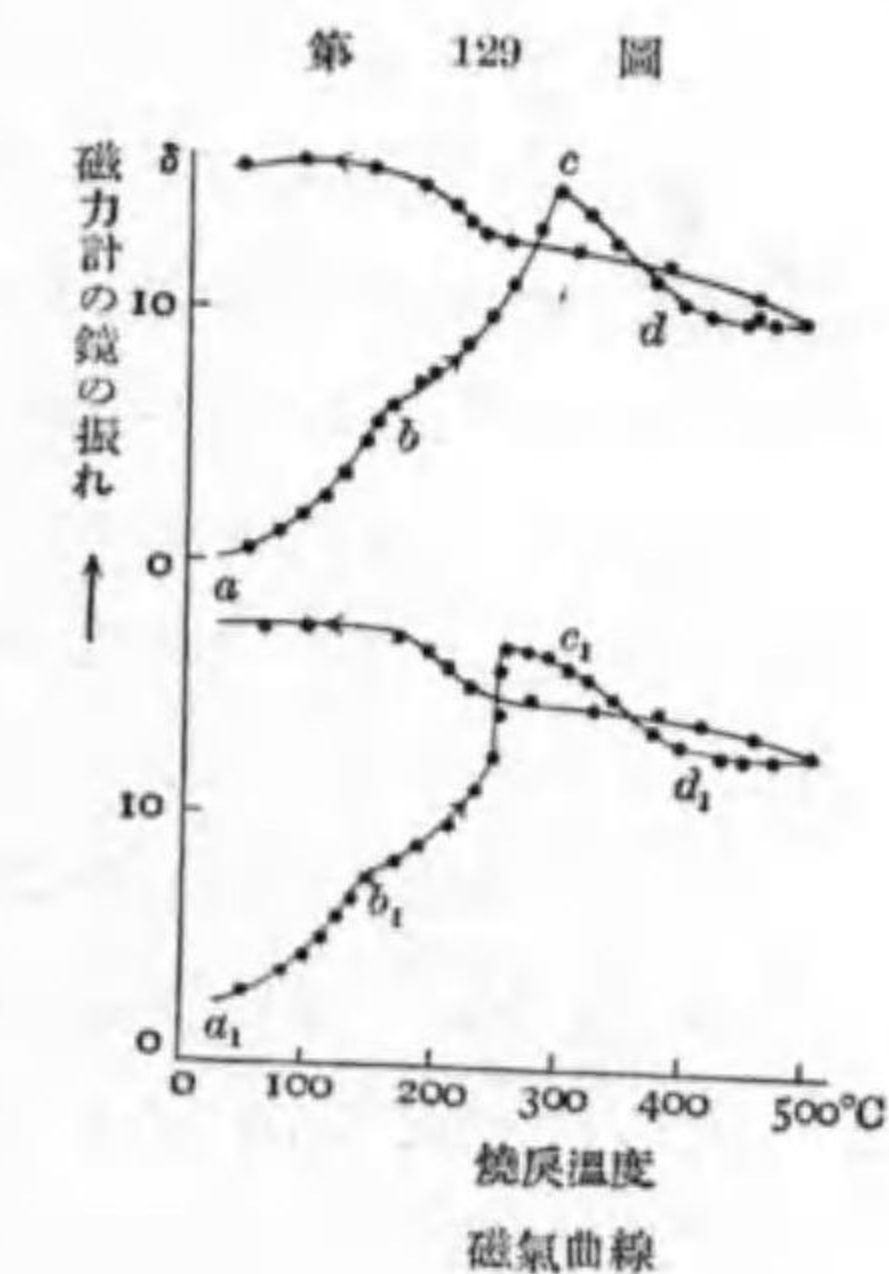
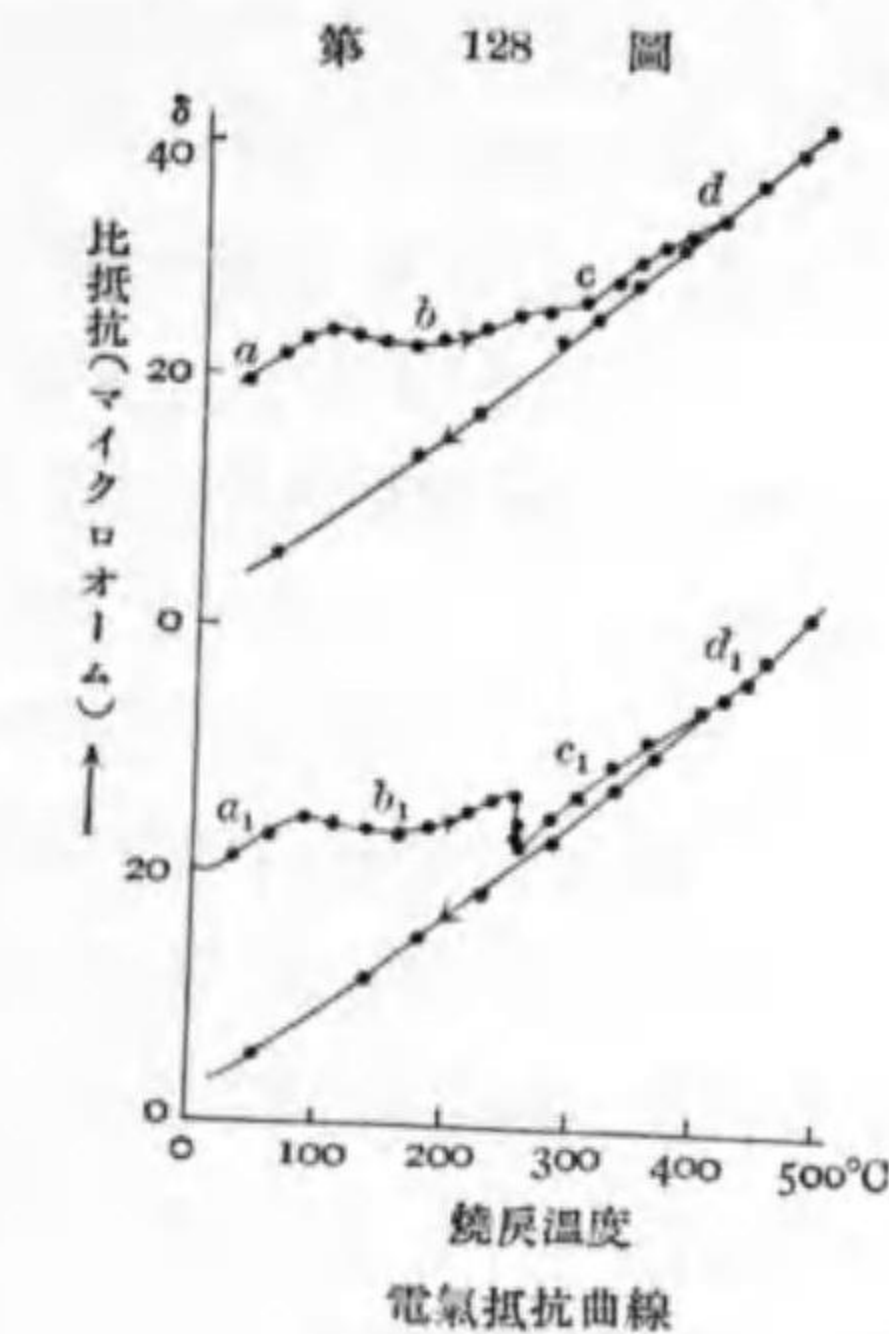
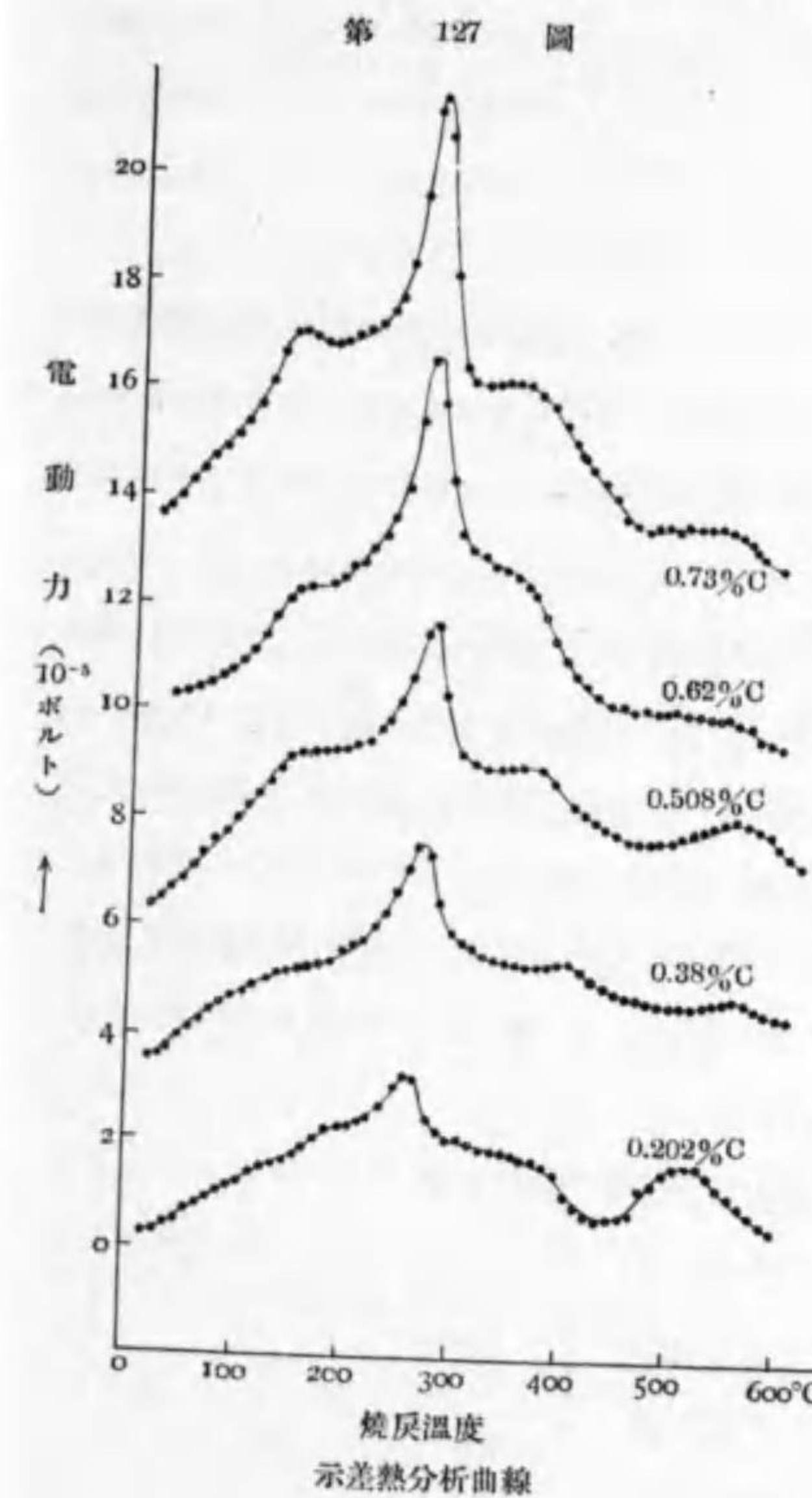
焼戻は不安定状態を安定状態に変化するものであるから、其進行は温度と時間とに關係する。即ち温度が高ければ容易に焼戻せられ、又時間が長ければ一層よく進行する。随つて焼戻の進行は加熱速度によつて異なる。又一定温度に於て長く焼戻をする際に、その度合は初めは早く、時間と共に変化は緩となり、或時間以上はも早殆ど変化しないから温度によつてその焼戻組織を知る事が出来る。

焼入鋼を焼戻すればその組織が変化すると同時に諸種の物理的又は化學的性質が変化する。その酸による腐蝕度の相異は第十六章第二節 § 95 に著者の實驗結果を既述せる如くである。其他比重、⁽¹⁾熱膨脹、⁽²⁾熱分析、⁽³⁾磁氣、⁽⁴⁾電氣抵抗、⁽⁵⁾頑磁力、⁽⁶⁾硬度、⁽⁷⁾X線スペクトル⁽⁸⁾等についてその変化が研究せられてゐる。

是等の諸性質の研究結果より見て、焼入鋼を焼戻する際には最も不安定な α 麻留田は先づ100°~170°C間で分解して β 麻留田となり、更に温度を上昇すれば200°~300°C間に於て β 麻留田は分解して吐粒洲となると考へられてゐる。焼入を急激に行つた場合に大洲田が若干量残留する事がある。特に高炭素鋼の場合に著しい事は既に記述せる所があつた。而してこの残留大洲田は焼戻の際に如何に変化するかと云へば本多博士によると、250°C以下は勿論300°C附近 (Tammann氏は300°C以上では大洲田は直接波來土になると考へてゐる。途中の經路を無視してゐる譯である) に於ても大洲田は先づ α 麻留田に変化する。而してこの変化は α 麻留田より β 麻留田への變化の温度よりも高温度に於て起るから、このものは直ちに β 麻留田となる。 β 麻留田も亦この温度に於ては直ちに分解してしまふから、その結果は吐粒洲となると云はれてゐる。

- (1) Mauer, Rev. Met., 9 (1908), 711.
- (2) 松下、理科報告、7 (1908), 43, 金屬の研究、4 (昭和2), 113.
- (3) 佐藤、金屬の研究、5 (昭和3) 174.
- (4) 齋藤、理科報告、9 (1920), 281.
- (5) Enlund, Journ. Iron & steel Inst., (1925), 305.
- (6) Mauer, l.c.
- (7) 田丸、金屬の研究、3 (大正15), 299; 5 (昭和3), 428.

α 及び β 麻留田の分解又は残留大洲田の分解は何れも内部エネルギーの變化の減少である。随つてこの變化に伴つて起る發熱現象、並に焼入によつて歪をうけた鐵の結晶が焼戻の或温度に於て再結晶を起すための發熱現象等を研究せんため、佐藤助教授は極めて鋭敏なる示差分析装置によつて熱分析を行つた。その結果の一部は第127圖に示せる如く



で、4ヶ所、即ち150°C附近、260°~300°C附近、360°~380°C附近及び580°C附近に發熱が認められる。

又松下博士の研究になる電気抵抗曲線と磁気の曲線を示せば第128圖と第129圖に示す如くで、上部の曲線は普通で加熱冷却を行つたもの、下部のものは加熱の途中250°Cに2時間保つてβ麻留田の分解を十分に完了せしめた場合である。是等の曲線上のab, bc, cdの3変化は127圖の第1, 第2, 第3の發熱に夫々對應するものである。茲に

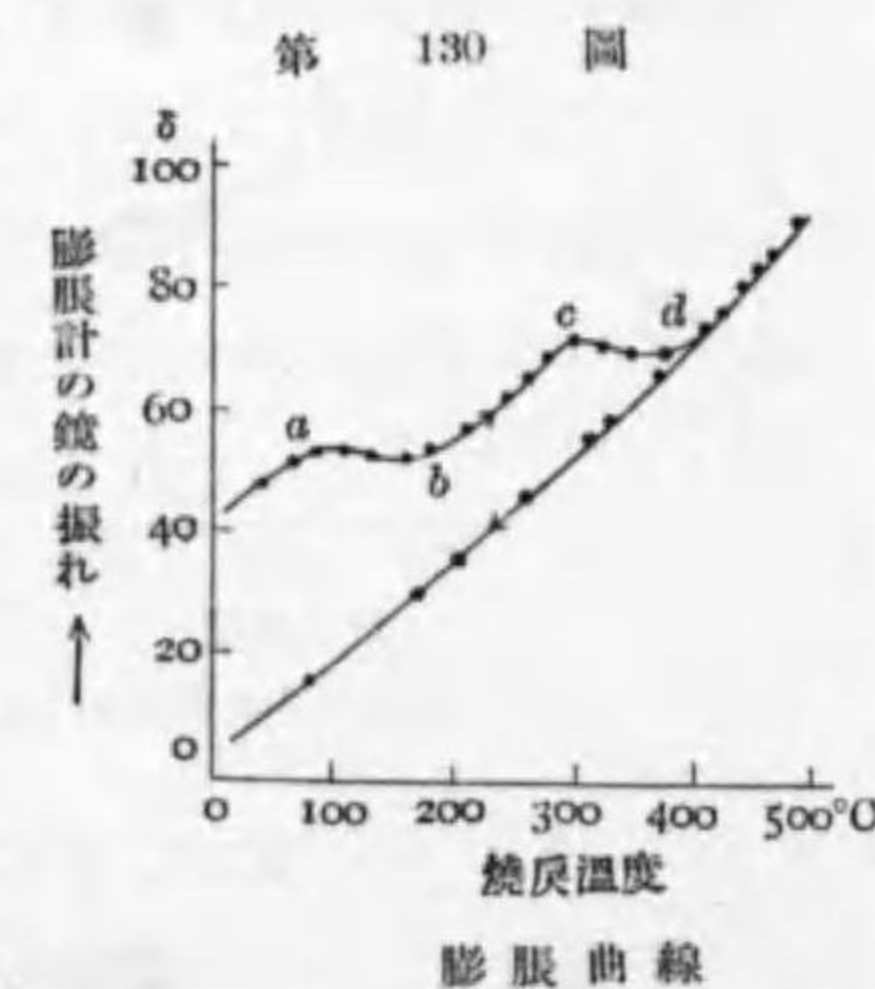
第1發熱(150°C)及びab.....α麻留田→β麻留田 (先に生成せられてゐるβ麻留田は100°C以下にても極めて徐々に分解しつゝあるが200°Cで急に進む)

第2發熱(260~300°C)及びbc... { β麻留田→吐粒洲
残留大洲田→麻留田→吐粒洲

第3發熱(360~380°C)及びcd...十分に明ならざれども松下博士によればβ麻留田より析出した炭素原子と鐵原子と化合してセメンタイトを作るに基因すると云ふ。

第2の發熱量と炭素量との關係を検すると、之は直線とならずに炭素量の増加に伴つて發熱量は遙に増大してゐる。若しこの第2の發熱量がβ麻留田の分解のみによるものとするれば、之は炭素量と共に直線になるべきであるが、實際は上記の如く曲線であるから、この發熱量には残留大洲田の分解による發熱量が重なつてゐるものと考へたのである。この事實は顯微鏡試験其他の研究によつて明にせられてゐる。

第130圖は熱膨脹曲線で之には128圖と129圖の曲線上のbcに相當する變化は現はれないが、300~400°Cに起るcdなる第2の收縮は磁氣の減少と電気抵抗の減少を伴ふ變化である。松下博士は上記の如く之をセメンタイトの成生によるものと結論せられてゐる。同博士は次の如き實驗によつて之を證明してゐる。即ち焼入鋼を磁氣分析装置内に入れ250°Cに保つて焼戻を行つてβ麻留田の分解に伴ふ炭素原子の析出に基く磁氣の強さの増加する事を観測し、2時間後に磁氣の強さが一定となり、更に僅に温度を上昇すると磁氣の強さは増さずして却つて減少せる状態となつたものを、其温度より冷却して之を熱膨脹装置に移し



て實驗せる所、なほ依然と第2段のcd收縮が現はれる事を確めた。この譯はセメンタイトの生成せる結果鐵原子が消費せられて磁氣の強さは減じ、非金屬的炭素が金屬的セメンタイトとの置換によつて電気抵抗が減じ、又セメンタイトの容積が鐵と炭素との混合體の容積より小であるために收縮が起ると説明せられたのである。

然るに佐藤助教授の熱分析の結果はcdの變化は發熱反應である。セメンタイトの生成熱が發熱なればよいのであるが、最近に於ける渡瀬氏の精密なる實驗によれば之は吸熱反應であるから、熱分析の實驗結果と一致しない。即ちこのcd變化が果してセメンタイトの生成によるものかどうか未だ疑問としなければならない。

熱分析曲線に於て粗粒鐵と波來土との境界とも思はれる530°C附近の發熱はα鐵が再結晶を起すために基因するものと考へられる。

次に焼戻に伴ふ機械的性質の變化を略述すれば次の如くである。

硬度と抗張力は少しく焼戻すれば増大する。之はα麻留田がβ麻留田へ變化する事と残留大洲田がβ麻留田へ變化するためである。更に200°C以上に焼戻をすると焼戻温度が高くなるに従つて硬度、抗張力及び彈性限は減少し、延伸率が増加する。之は麻留田が漸次に吐粒洲、粗粒鐵及び波來土に變化する事に基因する。

焼戻によつて得られる衝擊値は300°C位までは殆ど變らないでそれ以上に焼戻温度が昇るに従つて増加し、700°C附近に於て最大となる。之は粗粒鐵組織である。所がA_{c3}以上に熱するときは却つて減少する。又衝擊値は炭素量の増加と共に減少する。

第八節 鑄鐵の概念 (Cast iron)

§ 157. 鑄鐵とは? 鑄鐵又は鉄鐵 (Pig iron) とは1.7%以上の炭素を含有する鐵炭素合金である。その組織も性質も鋼とは全く異つたものである。その冷却速度と、混在してゐる成分とによつて、炭素がセメンタイトとして存在したり、又は黒鉛 (Graphite) として存在したりする。その斷片の破面を見て白色なるものは炭素がセメンタイトとして析出してゐるもので之を白鉄鐵 (White pig iron) と云ひ、炭素の大部分が黒鉛として析出

(1) 金屬の研究、5 (昭和3)、836.

してゐるものは破面は灰色を呈してゐる。後者を灰鉄鐵(Gray pig iron)と云つてゐる。[若し炭素が兩方の形で混在してゐる時には之を黴鉄鐵(Mottled pig iron)と呼んでゐる。

§ 158. 白鉄の組織 白鉄鐵はその顯微鏡組織より次の3種に分ける事が出来る。

(i) 亞共晶鉄(Hypo-eutectic cast iron) 炭素量 1.7~4.3%

(ii) 共晶鉄(Eutectic cast iron) 炭素量 4.3% この組織を特にレデブライト(Ledeburite)と呼んでゐる。

(iii) 超共晶鉄(Hyper-eutectic cast iron) 炭素量 4.3% 以上

寫眞 No. 54 は炭素 3.75% の亞共晶鉄で黒色の大きな島は第 118 圖の狀態圖に於て BC 線に沿ふて初めに晶出した大洲田である。他の小黑點と白色部の混合狀態の部分は 4.3% C に相當する共晶組織である。上記大洲田を共晶溫度 1130°C 以下に降下すれば、Aem 線に沿ふてセメンタイトを析出して常溫に於ては波來土となるものである。故に黒色の大きい島を擴大して見れば波來土組織を示してゐる。

寫眞 No. 55 は炭素量 4.3% の共晶鉄で所謂レデブライトとなつてゐる。即ち融體が冷却して 1130°C に達して、即ち狀態圖の C 點に達して大洲田 E とセメンタイトとを同時に晶出したもので、全部一樣な混合狀態の組織である。固體に於ける共析點(eutectoid)の 0.9% C 鋼に相應するものである。

寫眞 No. 56 は炭素量 4.5% の超共晶鉄で 1500°C より空中冷却せるものである。白色棒狀の結晶は CD 線に沿ふて初めに晶出したセメンタイトである。他の細い部分は上記の共晶組織で 4.3% C に相當するものである。

§ 159. 灰鉄鐵 セメンタイトは高溫に於ても不安定なもので容易に鐵と炭素に分解する。上記超白鉄に於て融體より初めに晶出したセメンタイトは 900°C 以上に長い時間おかれると分解して鐵と炭素即ち黒鉛になる。この黒鉛は第 2 段に生成せられたものであるから之を Secondary graphite と呼んでゐる。又鉄鐵を融體より十分に徐々に冷却するとき炭素が黒鉛となつて現はれる。これは炭素の一部が鐵の融體に十分に溶解せられずに極めて微細な核となつて浮游してゐたため冷却に際して之が核となり、黒鉛が晶出して、セメンタイトが現はれない特種な場合である。この場合も白鉄の場合の如く炭素量に従つて亞共晶灰鉄、共晶灰鉄及び超共晶灰鉄とが存在する。亞共晶灰鉄は初品として大

洲田を晶出するもの、超共晶灰鉄は初品として黒鉛を晶出するものである。但しこの場合は平衡狀態を意味するものではない。

寫眞 No. 57 は炭素 5%、珪素 2% の灰鉄で初品の黒鉛は黒く大きく長く出てゐるが、其他の薄片は共晶黒鉛である。

融體鉄鐵が凝固して白鉄となるか灰鉄となるかはその成分冷却速度、瓦斯及び酸化物の存否、混合炭素の有無等によつてきまるものである。本章は鐵鋼の知識のみについて記述したものであるから鑄鐵についてはほんの概念を述べたに過ぎない。

第二十四章

鐵鋼中の不純物とその識別法

§ 160. 不純物の種類と主なる不純物 鐵鋼材中には炭素以外に多くの不純物が含有せられてゐる事が普通である。先づ金屬不純物としては珪素、磷、マンガン、銅及び硫黃(非金屬とも見なされてゐる)が存在し、非金屬的不純物としては鐵とマンガンの酸化物、硫化物及び珪酸鹽がその主なものである。是等の不純物以外に鐵鋼中には瓦斯が含有せられてゐる。その主なるものは水素、窒素及び一酸化炭素である。故に鐵鋼中に存在する不純物を上記の如く金屬、非金屬及び瓦斯の3種に大別する事が出来る。是等の不純物の存在如何は鐵鋼材料の腐蝕作用の大小は勿論材料の強弱を支配するものであるから是についての識別法を知る事も亦鐵鋼を取扱ふ上に於て重要な事柄である。扱て上記不純物の中珪素とマンガンは鋼中に 1% 位存在しても大なる害はないが、磷は 0.2% も含有せられれば鋼を著しく脆くし工業上使用に堪へないものとする。然るに鑄鐵中には之位の磷が存在しても無害でないのみならず融體の流動性を増すものであるから却つて有益である。珪素マンガ等は又鑄鐵の黒鉛化に著しき影響をもつものである。又非金屬的不純物は夫自身脆いものであるから之を含有せる鋼は脆弱である。而してこの分布の狀態と形によつて著しく影響を異にするものであるから、分析結果は同一であるも鋼の性質に著しき變化がある。例へば珪酸鹽が微粒で一樣に分布する時はその影響は少いが凝集せる時には有害作

用をする。随つて化學分析以外に顯微鏡試験をも併用しなければならない。

§ 161. 金屬不純物 上記の金屬不純物は硫黄を除いて皆鐵に對してある溶解度をもつて合金を作るから以下各金屬について略述しよう。

(i) 珪素 普通鋼は 0.05~0.3% の珪素を含有するもので、鑄鐵中には 0.5% 以上 3% も含有せられる場合がある。是等少量の珪素が酸化せず存在する場合には地鐵に溶解して固溶體となる。之がピクリン酸又はピクリン酸曹達の溶液で黄色又は褐色に着色せられ易い。鋼中の少量の珪素は有害とはならないが、鑄鐵に於てはその量が大きければセメントイトの黒鉛化を助けて之を軟くし抗張力を減少せしめる。

(ii) 磷 普通鋼中には 0.04% 以下含有せられるもので 0.05% 以上のものはよくないとせられてゐる。微量の磷は鐵中に固溶體となつて存在し、酸によつて腐蝕せられ易い。Stead 氏試薬 (鹽化第二銅 10 瓦 鹽化マグネシウム 40 瓦 鹽酸 20 立方寸 アルコホル 100 立方寸) を試料面に滴下し一分間も放置して液を除去して再び新しい液を滴下する、一分間後に上記の手段を又繰り返す。鋼が試料の面に沈澱した時に湯をもつて洗つてからアルコホルで乾すと鋼は研磨面に固着する。この際磷の多い部分には鋼の沈澱が少く、その沈澱量の如何で磷の含有状態を知る事が出来る。又 Stead 氏の加熱着色法 (heat tinting) によつても知る事が出来る。研磨せる試料を鐵板上において下方より徐々に加熱すると酸化物の薄い層が出来て着色せられる。この時に水銀の中に投げ入れて酸化を止めると着色速度は磷に富んだ地鐵が磷の少ないものよりも早く酸化せられる。セメントイトは赤、磷化鐵は紫、磷を含む α の鐵は白くなつて明瞭に區別せられる。磷は炭素其他の不純物を偏析せしめる。一般に磷の多い部分は他の部分よりも波來土が少い。之を鍛鍊すると含磷地鐵が層状をなし焼鈍しても容易に一樣にならない。この偏析線が所謂幽線 (Ghost line 又は ghost) である。又磷は地鐵の結晶速度を早めるから地鐵が粗大となる。随つて常溫で脆性を増し、大洲田區域に熱すると合粒作用が大となり大洲田が大粒となるから容易に過熱鋼 (Over-heated steel) となる。

(iii) マンガン マンガンは鐵鋼中に種々な形となつて存在してゐる。即ち炭素と化合して Mn_3C を作り、又或量は固溶體となつて鐵中に溶解する。硫黄が存在すると硫化マンガンを生ずる。又鋼中に酸化マンガン及び珪酸マンガンとして存在する事もある。上記炭

化マンガンはセメントイトと固溶體を作り、しかもその量が多くない時は其外觀もピクリン酸曹達に對する作用も殆ど同様であるから、顯微鏡試験によつても見分ける事が出来ない。故に磁氣分析によつてセメントイトの $210^{\circ}C$ の A_2 變化がマンガンの増加する事によつて降下する事實を見て知るより外に方法がない。又固溶體となつたマンガンを顯微鏡試験では判然しない。たゞ硫化マンガンとなつて存在する時は之を知る事が出来る。即ち普通鋼中に存在する 1% 以下のマンガンは、硫黄が共存しなければ檢鏡でその存在を知る事が出来ないが、鋼中に少量のマンガンを含有せられる事は有害でなく却つてその性質を良好ならしめるものである。

(iv) 硫黄 普通鋼中には 0.01~0.05% 含有せられてゐるもので、マンガンを共存しない時は硫化鐵 FeS として存在する。マンガンを共存すれば硫化マンガンとして存在し、この物は多く硫化鐵と固溶體をつくる。硫黄が硫化鐵として存在すると赤熱脆性 (red shortness) を起すが、硫化マンガンとして存在すればこの熱脆性を起さない。之は硫化マンガンの融點が高く粘性が大であるために鍛鍊壓延によつて形を變ずるも破壊されないからである。硫化鐵は黄色乃至青褐色であるが、硫化マンガンは鳩灰色であるから檢鏡によつて兩者を容易に區別する事が出来る。鑄鋼中の硫化物の析出位置を見ると共析鋼では波來土の境界に、亞共析鋼では初析地鐵の中に又超共析鋼では初析セメントイトの中に存在してゐる。硫化物は大洲田粒の境界に現はれるものであるから、之は融體より大洲田が晶出した後に析出するものと考へられる。硫黄は磷と同様に凝固する部分に集る傾向があるので偏析して ghost を作り易い。鑄鋼に於ける其偏析状態を検する事は極めて必要な事柄で、その方法として所謂硫黄檢刷法 (sulphur printing) がある。Heyn と Bauer 兩氏が初めて發明せるもので、研磨した試料の断面に昇汞の鹽酸溶液 ($HgCl_2$ 10 瓦、水 20 立方寸、鹽酸 100 立方寸) を満した絹の布片をあて、壓すると、酸と硫化物と反應して硫化水素を發生し、之が昇汞と作用して黑色の硫化水銀が出来る。之が出来る程度は硫化物の含有量によつて變化するから、硫化物の偏析状態が知れる譯である。Baumann 氏は寫眞用の臭素紙を使用した。即ち滑な臭素紙を 3% の硫酸溶液に浸して試料面につけば、成生された硫化水素が臭素紙上に黑色の硫化銀を生ずる。之をはがし水で洗つてから次亞硫酸曹達液に浸して餘分の臭化銀を去り、更に水洗して乾かす。

硫化物の鑑識法としてはこの外 Law,⁽¹⁾ Whiteley⁽²⁾ 及び McCance⁽³⁾ 諸氏の方法があるが後節の非金属的不純物の所に於て述べる事とする。又加熱法によつて研磨面を褐色となる程度に酸化すると硫化鉄は藍色となり、硫化マンガンは灰白色となるから、兩者を區別する事が出来る。この際珪酸鹽は變化しないからこの物とを區別するにも利用せられる。

(v) 其他の金属性不純物 上記金属以外には銅、アルミニウム、バナヂウム等で、銅は0.3% 以上も存在する時は赤熱脆性を與へる。即ち之が酸化銅又は硫化銅となり結晶粒間に存在するために基因すると考へられる。斯の如き化合物を作らない場合には銅は常溫に於て 8% まで鐵中に溶解するものであるから少量の不純物として存在する銅は固溶體となつてゐる。斯の如き少量の銅が固溶體となつて脆性を來すとは考へられない。次にアルミニウム又はバナヂウムは脱酸劑より來れるもので、是等が酸化物となつて鋼中に介在する時には研磨面上に黒點となつて現はれるから、容易に知れる。尤もシリカ其他の酸化物と識別する事は困難である。若し是等の金属が酸化物とならないで存在すればアルミニウムは固溶體となり、バナヂウムは炭化物としてセメントイトと化合するから勿論是等のものを識別する事は出来ない。

§ 162. 非金属性不純物識別法分類 鐵鋼中の非金属性介在物の識別法については淺原源七博士⁽⁴⁾ が大正十年七月金属材料研究所(當時鐵鋼研究所)の開所式に於て講演せられた。著者は同博士より之が研究論文を贈與せられてゐるから茲に之を詳述して参考とし同博士に敬意を表しよう。

鐵鋼中に非金属性不純物として含有せられる主なるものは鐵、マンガン等の酸化物、硫化物及び珪酸鹽である。是等の介在物は精鍊の際に生じた鐵滓(slag)の微粒、爐又は取鍋より來る耐火物の小片又は脱酸劑其他の添加物より生じた生成物が機械的に鐵鋼中に介在せられたものである。而して是等のものを識別する方法について同博士は次の如くに分類せられた。

(1) 介在物の形状による方法

(1) Law, Journ. Iron & Steel Inst., (1909), 94.

(2) Whiteley, Journ. West of Scotl. Iron & Steel, (1917), 79.

(3) McCance, Journ. Iron & Steel Inst., (1918), 239.

(4) 理化學研究所彙報 1 (大正 11), 1.

(2) 介在物の色による方法

(3) 介在物の硬度其他による方法

(4) Heat-tinting (酸化による色の變化) による方法

(5) Etching (試薬による腐蝕) による方法

(6) 顯微鏡下に於ける化學分析的方法

(7) 化學的方法

(1) (2) 及び (3) の方法は研磨せる鐵鋼試料面の直接檢鏡により、(4) (5) は各操作を加へた後の檢鏡の結果により、(6) の諸法は何れも顯微鏡下に於ける反應の觀察により、(7) は一般化學的方法によつて識別する。以下の條項は同博士の論旨によるものである。

(i) 介在物の形状による方法 介在物の形状は鐵鋼が鑄造のまゝのものとなつて加工せられたものによつて著しく異なる事は勿論である。鐵鋼の組織が加工によつて變化せられる事は既に記した如くであるが、之と同時に介在物が存在すれば、之も亦延伸せられたり或は破碎せられて其形を變ずる。即ち加工せられた鋼中の介在物は其凝固の際の本來の形状を必ずしも保つてゐるものではないが、凝固のまゝ又は鑄造せるものに於ては、介在物は凝固の際の本來の形状をもつてゐるから、其形状又は介在物質、熔融點、表面張力又は溶解度等の性質を併考して、檢鏡によつてその介在物の何なるかを大體知り得ると云ふのである。鑄造のまゝに於ては通常珪酸鹽は不規則な塊状又は帶状をなし、酸化鐵は點状、硫化鐵は網状又は小點となり、硫化滿俺は圓形又は長圓形の小圓をなしてゐる。之を加工すれば加工の方向に延長して其形状の變化は介在物の性質によつて異なる。例へば硫化マンガン又は珪酸鹽は細長く延びる。珪酸鹽は硫化マンガンより脆いから硫化マンガンが紡錘状となるに反して破壊せられてきれる。酸化物は個々の形状は餘り變化しない。酸化物其他の鐵滓は層状の連続せる點状に現はれる場合には、是等が地鐵の析出する核となるために、亞共析鋼では地鐵が之に沿ふて層状に發達した組織を示す事がある。

珪酸鐵 (FeO·SiO₂ Grunerite, 2FeOSiO₂ Fayalite) 及び珪酸マンガン (MnO·SiO₂ Rhodinite, 2MnO·SiO₂ Tephroite) は融體及び固體の鐵に不溶解性である。尤も鐵鋼中の珪酸性介在物は上記の如き一定の組成をもつものではなく、酸化物と無水珪酸の種々の割合の混合又は固溶體と見られるもので、其融點も硝子の如く一定點でなく、組成と共に廣い範圍

をもつてゐる。珪酸性の介在物は其溶性と凝固直前の大なる粘性のために常に球状となつて現はれる。E. F. Law⁽¹⁾氏は pickling の際に blister を生ずる鋼には常に細微な黒點狀の介在物が含有せられる事を述べ、之が酸化物であると云つてゐる。

鐵鋼材料中に酸化マンガンの存在するや否やは明でない。

硫化介在物の形状については Arnold⁽²⁾ 氏の研究がある。

硫化マンガンの熔融點は Röhl 氏によれば 1620°C で鐵鋼の融點よりも高い。LeChatelier 氏も亦同様に考へ熔融せる鐵を冷却する時に最初に凝固し、其大部分は熔鐵又は鑄鋼の上に来る。随つてマンガンは鋼より硫黄を除去するに有効であると云つてゐる。然るに Levy 氏は硫化マンガンの融點は 1400°C 以上餘り高くはなく、亞共析鋼の融點以下で硫化鐵が存在すればその融點はなほ降下すると述べてゐる。Fe—Mn 系については十分正確なるものはないが、硫化マンガンが融體及び固體の鐵に溶解しないと一般には考へられてゐるから、硫化マンガンが第一次的結晶又は球狀を呈する譯である。之に反して硫化鐵は 1188°C で熔融し、融體に於ては總ての割合に混合し、固體に於ては全く溶解しないで 980°C (15% Fe, 85% FeS) に於て共晶をつくる。通常の鐵鋼に於ては硫化鐵は少量であるから、第一次に結晶する金屬結晶境界に共晶として現はれ、且つ其熔融點が低く金屬の凝固溫度に於ては尙ほ流動性が大きであるから、介在物としては膜狀又は網狀をなす事が多い。又共晶の部分に無定形の塊としても存在する。鋼中のマンガンが硫黄と硫化マンガンをつくる以上に存在するときは Fe—Mn—S 三元系の状態圖によつて考ふべきであるが、之は未だ確定せるものがない。硫化鐵と硫化マンガンとは融體に於て全く溶解するが、固體に於ては一部分溶解する。即ち MnS は 40% の FeS を溶解する。其固溶體と硫化鐵とは共晶を作る。鐵とマンガンは融體及び固體に於て總ての割合に溶解する。故に村上博士によれば、この系には鐵マンガン固溶體と硫化鐵硫化マンガンの固溶體及び硫化鐵の三元共晶點が存在する譯で、マンガンが非常に多ければ此三元共晶點に達するまでに鐵マンガン固溶體と硫化鐵硫化マンガン固溶體の二元共晶として凝固し終り、純粹な硫化鐵を析出する事はない。然ど

(1) Journ. Iron & Steel Inst., (1907), 94.

(2) Journ. Iron & Steel Inst., (1903), 136; (1914), 396.

も Röhl 氏によるとマンガンが十分に多くなければ三元共晶點に達して凝固し硫化鐵を析出する。硫化鐵と硫化マンガンとは MnS=60%, FeS=40% に於て化合物 $Fe_3Mn_2S_8$ (融點 1365°C) を作る。このものと硫化鐵とは 7% の硫化マンガンの點で 1181°C の共晶點を作り、40% 以上の硫化マンガンに於て、この化合物と硫化マンガンとは一つの固溶體を作ると云ふてゐるが、判然たるものではない。試料の分析上マンガンと硫黄の存在を示し、しかも通常の硫化マンガンと異なる結晶介在物の存在する事は多くの人の經驗する所であるが、Le Chatelier と Ziegler⁽¹⁾ 兩氏によると、化合物ではなく明に硫化鐵と硫化マンガンの固溶體の二相よりなれる硫化性介在物と考へられてゐる。何れにしても村上博士の説によつて説明し得られよう。斯の如く硫黄に對するマンガンの量如何によつて、又製造操作等によつて、硫化鐵又は硫化マンガンの外に、是等の共晶介在物が存在するから、化學分析と介在物の形状よりして大略其如何なる物かを推知する事が出来る。

(ii) 介在物の色による方法 この方法は極めて不精確なものではあるが、介在物の色が周圍の金屬の色と著しく相違する時に之を發見するに容易であるから、屢々用ひられる便利な方法である。珪酸鹽性の介在物の色は褐色又は深緑より黛黒色に至る種々の色調を呈する事が通例である。Law 氏によると、珪酸マンガンは硫化マンガンに似てこれよりも稍々色が濃いと云つてゐる。又 Matweiff⁽²⁾ 氏によると、合成した $FeO \cdot SiO_2$ は黒色又は深綠色で $2FeO \cdot SiO_2$ は褐色、又 $MnO \cdot SiO_2$ は紅色で、 $2MnO \cdot SiO_2$ は褐色である。硫化鐵と硫化マンガンは前述せる如くであるが、第 181 表の如く記載せられてゐる。

第 181 表

| Fe S | Mn S | 著 者 |
|----------------------|----------------------------|---|
| pale brown | dove gray | Arnold |
| yellow or pale brown | pale dove or slate gray | Rept. 6th Cong. Inst. Assoc. Test Mat. |
| yellowish brown | bluish or dove gray | Röhl |
| very pale | pale slate or dove gray | Law |

(1) Bull. Soc. Encouragement, (1902).

(2) Rev. Met., 7 (1910), 447.

之によつて珪酸鹽と硫化鐵及び硫化マンガンとは互に其色彩によつて區別する事が出来る。殊に珪酸鹽類は其色調の濃厚なる事によつて殆ど誤る事がない。酸化鐵と硫化マンガンとは常に類似な色調を呈するために屢々區別に迷ふ事がある。G. F. Comstock⁽¹⁾ 氏によると、酸化鐵は通常鋼灰色より黛色の間にあると云はれてゐる。しかれども實際は酸化鐵を識別し得るよい方法がないので、この物と硫化マンガンとの區別は殆ど不可能と見なければならぬ。

(iii) 介在物の硬度其他による方法 試料を研磨する際浮彫りが現はれ所謂 relief etching が出来る。或る介在物は relief に現はれ、或物は金屬面と同じ高さとなる事實からその硬度を考へたのであるが、不精確極まるもので用ふるに足らない方法である。珪酸鐵と珪酸マンガン及び硫化鐵は皆抗張力が小さいから脆弱である。之に反して硫化マンガンは加工温度に於て稍粘性をもち、常温に於ても若干變形をうけて龜裂を示さない事が多い。斯の如き觀察方法も決して決定的判別法とはならないが多少の參考となる事もある。

(iv) Heat-tinting による方法 鐵鋼試料の研磨面を加熱して淡褐色に酸化すると介在物の硫化鐵は美麗な淡藍乃至紫色を呈し、硫化マンガンは灰色乃至光輝ある灰白色となる。之に反して珪酸鹽の介在物は殆ど色澤を變化しない。硫化物と珪酸鹽との區別はこの方法によつて容易に區別する事が出来るが、若し酸化の程度が過ぎて試料が藍色を呈すると両者は共に褐色となつて區別し難くなる恐がある。又 Oberhoffer⁽²⁾ 氏によると、燐化鐵が存在する時には之が帶黄白色を呈して硫化マンガンと見あやまる恐がある。又この方法では純粹な硫化マンガンと硫化鐵を溶かせる硫化マンガンとの判別は困難である。尙酸化鐵と硫化マンガンとの區別も依然不可能である。Röhl, Wüst⁽³⁾ 及び Oberhoffer の諸氏によつて加熱着色を行ふ前に etching を施すとよいと云はれてゐるが、淺原博士は之によつて特別の効果なく却つて介在物の發見を困難ならしめるものであると反對せられてゐる。この外光源及び濾過光線を撰擇すると識別を助けるとの説もある。

(v) 試薬の腐蝕 (etching) による方法 種々の試薬による腐蝕度の差異によつて識別

(1) Bull. Amer. Inst. Min. Eng., 120 (1916), 2103.

(2) Metallurgie, (1908), 19.

(3) Metallurgie, (1908), 449.

する方法としては從來多くの試薬が提唱せられてゐるが寧ろ個々特殊なる場合に於て用ふべきもので、一般的のものはないと云ふても過言ではない。Arnold, Matweieff, Röhl, McCance, G. F. Comstock, Liesching⁽¹⁾ 氏等の人々が提唱せるものがあるが皆有用なものとは考へられない。

(vi) 顯微鏡下に於ける化學分析的方法 顯微鏡の下で硫化介在物の上に酸性となせる鉛、水銀又はカドミウム等の鹽類溶液を滴下すると其面は黒色の硫化鉛、硫化水銀及び黄色の硫化カドミウムの沈澱をもつて覆はれるから、他の介在物より之を識別する事が出来る。Law 及び Röhl の兩氏によれば、生成する沈澱物の彌散する事を避けるために溶液中にゼラチンを加へて粘稠とせしめるとよい様である。又 Whiteley⁽²⁾ 氏は次の如き試薬を提唱してゐる。

5 瓦のゼラチンと 20 立方厘の水に 1 時間浸して後 15 立方厘のグリセリンを加へて清澄になる迄熱し、更に 0.05 瓦の吐酒石 (tartar emetic) を加へて濾過し、1 立方厘の稀硫酸を加へたものである。McCance 氏は吐酒石の代りに 0.1 瓦の硝酸銀の方が彌散が少く遅緩でよいと云ふてゐる。

J. E. Stead⁽³⁾ 氏は顯微鏡下にある介在物が硫化物なるや否やを決定するために試料面に低き小環をおき一滴の硫酸 (1 acid: 3 H₂O) を落して硫化水素の發生を觀察し、之が發生した所で更に醋酸鉛をもつて濕したデツキグラスを小環上において硫化鉛の曇りが出来れば硫化物である事が知れる、次に生じた介在物溶液に同量の硝酸を加へた後にビスマス酸曹達の小片を加へると滿侖イオンは過マンガン酸イオンとなり、特色ある淡紫色となつて現はれるから、介在物が硫化マンガンなる事を斷定し得た。然るに二種以上の介在物が屢々接近して存在する事があるので、淺原博士は次の如き改良せる方法を使用せられた。即ち中央に小孔約 0.2 耗位のものを通ち、カバーグラスにゼラチン・グリセリンの粘稠なる混合溶液を塗り、之を顯微鏡下に於て試料面に附着して靜かに乾らせて小孔を介在物上に持ち來して少しく壓して密着せしめる。孔中の粘稠液は針頭によつて出来るだけ除去

(1) Metallurgie, (1916), 566.

(2) Journ. West of Scotl. Iron & Steel Inst., (1917), 79.

(3) Iron & Steel Mag., 6 (1905), 105.

し、4~5% 稀硫酸を一滴小孔上加へればカバーガラスと試料間の粘液は酸の滲散を減少せしめ殆ど所要の介在物のみを酸を作用せしめる事が出来る。斯くして Stead 氏と同様の處理をなすときは極めてよい結果が得られたと述べられてゐる。

(vii) 化學分析法 化學分析法として殘渣分析 (residue analysis) の手段によつて鐵鋼試料を臭素又は沃素溶液、鹽化銅アンモニウム等に溶解せしめるか又は試料を粉末として加熱し、之に鹽素を通じて鹽化第二鐵として揮發し去り、殘留する介在物を分析する。但しこの殘留物が少量なる時はその成分の複雑なるためにその結果を得る事は困難である。

他の方法としては高温に於て試料に水素又は水蒸氣を作用せしめる。この際珪酸鹽は水素にも水蒸氣にも作用せられないが、酸化物は水素によつて還元せられて鐵又はマンガとなる。酸化第一鐵は水蒸氣によつて四三酸化鐵となるから區別する事が出来る。酸化物の識別はこの方法によらなければならないが實用としては不便な方法である。

以上列挙せる方法の中、簡單にして正確な識別法は一つもないのであるから、次の如く上記の方法を併用して知るより外に方法がない。即ち先づ (1)~(3) の介在物の形狀、色彩等本來の物理的状況を觀察し、次に (4) の加熱着色法によつて檢し、更に (6) の酸による溶解状況と硫化水素の發生を檢してからマンガンの檢出を行へばよいであらう。

鍛鐵は半融状態で精鍊作業を行ひ、激しく鍛鍊して大部分の鐵滓を除去したものであるが、多少の殘留せる鐵滓は鍛鍊の方向にのびてゐる。之を顯微鏡で見ると鍛鍊の方向に平行の斷面をみると多角形地鐵中に黒線となり (寫眞 No. 25 參照)、鍛鍊の方向に直角の斷面をみると多くの圓い黒色斑點として見られるが何れも鐵滓である。その主なる成分は鐵とマンガンの酸化物と珪酸鹽で、擴大度を大にして見ると淡色と濃黒色の二成分が見られる事がある。淡色のものは圓く、暗色のものは其間を埋めてゐる事が通例である。Matweiff 氏によると、淡色のものが酸化鐵で (或は酸化マンガも混合しよう) 暗色のものが鐵とマンガンの珪酸鹽であると云ふてゐるが、Rohsenhain 氏はこの二成分は二種の珪酸鹽又は異つた酸化鐵であらうと云ふてゐる。 (終り)

附 録

常輝鋼とその製法機械仕上げ及び性質其他

常輝鋼については既に第三編第十四章 § 84 に於て略述した所があつた。この合金は現今に於ける最も耐腐蝕性の大なるものであるから、各方面に使用して絶大の効果のある事は勿論である。仍て茲に附録としてその製法及び材料の機械仕上げ並に物理的及び化學的の性質を纏めて使用上實際の参考に供する事とする。常輝鋼は "Anka" と同様にクロムニツケル鋼の一つで、次表の如くである。

| 名 稱 | % Cr | % Ni |
|----------------|------|------|
| "Staybright" | 18 | 8 |
| Krupp V. 2. A. | 20.4 | 8.6 |
| "Anka" | 15.2 | 11.4 |

茲には Messrs. Thos. Firth & Sons, Ltd. より著者の元に送り來つた報告に基いて記述するものである。

I. 常輝鋼

常輝鋼の特性は十分軟化した状態にするとその降伏點は極軟鋼に等しく、多くの腐蝕液に對して大なる抵抗性を持ち、海水に對しては全く腐蝕せられない。且つ常温で加工した製品は少しも磁性をもつてゐない。鋼と呼ばれてゐながら却つて非鐵合金に類似する特性をもつてゐる。目的に應じて最大の柔軟性をもたしたり、大なる腐蝕抵抗性と同時に抗張力をもたす事が出来る。bars, sheets, forgings, tubes 及び wire の形で賣り出され、鑄物となした時には之を "Noncorode" と呼んで販賣されてゐる。

棒は軟化の状態或は抗張力の異なるものとして 3/16" から 4" の丸又は角棒があり、鍛

鍊したものは 4" 以上の大きさに各種の形のものがある。

板は薄板として十分軟化して scale をとつたもので 6'×3' の薄板まである。大きなものとして次の各種なものがある。管は solid-drawn-tubing する事が出来 15~20 呎までの

| 厚 さ | 長 さ | 巾 |
|-------|--------|-------|
| 5/8 " | 20' 0" | 5' 0" |
| 9/16" | 20' 0" | 5' 0" |
| 1/2 " | 20' 0" | 5' 0" |
| 7/16" | 20' 0" | 5' 0" |
| 3/8 " | 15' 0" | 4' 6" |
| 5/16" | 15' 0" | 4' 6" |
| 1/4 " | 15' 0" | 4' 0" |
| 3/16" | 15' 0" | 4' 0" |
| 1/8 " | 10' 0" | 3' 0" |

長さのものまで出来る。直径は色々のものがある。この solid drawn した管は十分に軟化したものも又 cold drawn したのものもある。又 weld した管もある。

針金も各種のものが出来、軟化し scale をとつたもの又は cold drawn したのものがある。又高温に於て容易に加工が出来る。しかも形や大きさに制限なく出来るとのことであるから、各種のものが鍛錬のままのもの、更に之れに荒仕上げをしたもの、製品がある。更に鑄物として機械的性質のよい sound な且つ表面の滑なものがある。しかも空気中、海水及び他の試薬に對して強いものがある。英國の Messrs. Thos. Firth & Sons. Ltd では原形を受ければそれによつてその鑄物を作ると言ふてゐる。

II. 常輝鋼の製法

之は電氣爐で製造するもので、クロムは熔融した鋼中へ純粋なフェロクロムとして添加する。ニッケルは純粋なものを加へる。材料は極めて純粋なものを使用するので、出来上り製品も従つて純粋であるから他の不純物が含有せられてゐない。この不純物が少しも入つてゐない事が腐蝕液に對して極めて抵抗性の大なる原因である。同社では熔融したものを鑄物とする際に十分に sound なものを作る様な型を使用してゐる。上部は廣く下部は狭い型を用ひ、鑄型の頭部には耐火物を塗つた feeder head をつけて收縮管を出来るだけ

小さくしてゐる。Ingots は極めて大きなものにまで鑄物し得ることが出来、之を 3" の厚さ、5' の幅、20' の長さに壓延してゐる。この常輝鋼は板に壓延し易いものであるから、ある特別な熱処理をすれば一様に軟化した板にする事も出来る。耐錆鋼は 900~950°C の高温から焼入すると硬化する。一般には更に之を 700°C に焼戻すが、常輝鋼は之に反して高温から焼入すると軟化せられる事はマンガン鋼と同様で、大洲田組織である。随つて常輝鋼を軟化するため高温から焼入して歪の起らぬ様に冷却する。耐錆鋼との差異を示した兩者の寫眞は No. 13 の如くで、前者は耐錆鋼で焼入して焼戻をしたもの、後者は常輝鋼で大洲田の結晶即ち固溶體を示し、恰も非鐵合金で見ると如き組織を現はしてゐる。Messrs. Thos. Firth & Sons 會社では常輝鋼を製造する際に均一性とその他の特性を遺憾なく發揮せしめる様に、色々と經驗上の注意を拂つてゐると云ふ事である。

III. 常輝鋼の高温加工

常輝鋼の鍛錬と壓延は 1250°~1300°C に於て行ふもので、注意としては材料をよくその温度に保つ様にする。高温加工は出来るだけ早く行ひ、大きな材料の時には 950°C 以下になるまで續けてはならない。950°C に近づくとも材料は固くなつて著しく變形され難くなる。再び加熱するために、冷却した爐中に入れて鍛錬温度に上昇し、材料が全部この温度になつた所で取り出して、始めには極く軽く鍛錬して漸次に激しく手早く行ふ。常輝鋼の高温加工の際に一つの特徴とも見るべき事は、加熱の時の膨脹と冷却の時の收縮の大きさが軟鋼の半分位である事である。最も軟化し展延性に富んだ状態で材料を使用するためには、之を更に 1100~1200°C に上昇して速かに冷却するとよい。しかし高温加工したもので機械仕上げする事が出来る。

Hot Pressing と Cold Pressing. 常輝鋼は初めは常温の pressing のために作られたものであるが、高温で行ふ方がよく、製品の性質及びその形によつて異なるが、900~1250°C で行ふのがよい。最後に製品をよく研磨する必要がある場合には hot pressing を行つてゐる間に scale をとる方がよい。

常輝鋼は極めて展延性に富むものであるから常温で press するには都合の材料である。但し形や大き等によつて著しく異なるから一回の press による變形はどの程度までゆくかその値を掲げる事は出来ないが、概略を云へば直径と深さの比は resoftening する事な

く 3:1 位までにする事が出来る。常輝鋼も他の金属と同様に常温加工によつて硬化する。故にもし著しく pressing や drawing を行ふ必要がある時には焼鈍をしなければならない。即ち 900~1000°C に加熱して空中冷却すると pressing に先つて十分に展性が得られる。軟化処理を行つた製品は pressing の後に scale を取る事は勿論である。

焼鈍 常温加工の爲めに軟化する必要があるときには普通の方法で焼鈍すればよい。900°C に 2~3 分間加熱すれば十分に軟化し再び加工する事が出来る。完全に軟化するには 1100~1200°C に加熱して空中冷却すればよい。但し斯の如き高温には出来るだけ短時間保持しなければならない。軟化後に scale をとる。

Rivetting. 此の操作は別に困難ではなく常輝鋼は變形し易いものであるから、小物は常温で容易に rivet する事が出来る。但し大物は 1000~1100°C に於て行ふのがよろしい。

Soft-Soldering. soft-soldering する事も容易である。但しその部分を豫め清浄にする必要がある。出来れば 50% の鹽酸中に浸すのがよろしい。若し浸すことが出来なければ鹽酸で拭ふてからその部分をよく清浄な水で洗つて、乾いた布で拭きとつて乾燥する。次に銲劑として 50% の鹽酸に鹽化亜鉛を加へてその飽和溶液を作る。一方クリーム状となるまで 50% 鹽酸に鹽化亜鉛を加へて薄い paste を作つて、之を鑲附すべき部分に全部蔽ふ位につける。tinning にしろ soldering にしろ普通の白鑲を使用して普通の方法で行へばよい。操作後には鹽酸の痕跡をも洗ひ去るために十分に水洗ひする。

Hard-Soldering と Brazing.

(a) Blow-pipe (吹管法) で行ふ場合には鑲附する部分をよく清浄にする事上記の場合と同様で、50% の鹽酸で處理する事も同様である。銲劑として硼砂を使用し、加熱の間にはその部分をよく硼砂をもつて蔽ふ事が必要である。さもない時には眞鍮鑲が一様につき難い。温度は眞鍮鑲が一様に擴る程度にして決して玉にならぬ様になければならない。常輝鋼について行ふ時は普通に行ふ温度よりもやゝ高くするとよい結果が得られる様である。

(b) Hot-dipping (眞鍮鑲中に浸す方法) を行ふ時には鑲附する部分を清浄にする事は勿論であるが、最も必要な事はその部分を眞鍮の熔融温度近くまで豫熱する事である。斯く

するためには試料の表面に硼砂の層を流して dip すべきものが全部浸る位の深さに流すとよい。又豫め硼砂の中で十分に豫熱して眞鍮と同温度になつた所で熔融した眞鍮の中に浸すのである。浸してから引き上げ、冷却は普通行はれてゐる方法と同様にすればよい。高温の dipping の間に時として浮流が硼砂の表面に出来て試料に附着し易い。そのために眞鍮鑲が一様に試料につき難くなる。この缺點を除くために試料を dipping する前に上記の soft-soldering の場合に記述した銲劑を鑲附する部分に塗つておくとうるしい。

銲 接

(a) 常輝鋼は smith' hearth ではうまく銲接する事が出来ない。

(b) Oxy-acetylene 法を行へば銲劑を使用せずとも容易に銲接する事が出来る。銲接すべき部分を清浄にする事は勿論であるが、scale を除去した状態で販賣せられてゐるものは、そのままに銲接し得られる。若し表面がよごれてゐる場合には 50% の鹽酸で拭ふてから水洗ひをする。又 scale がとつてなければ銲接すべき部分を研磨して scale をとる。銲接の際には瓦斯の出し方を加減して中性焰が出来る程度に調節する。又常輝鋼は之を過熱してはならない。若し壓力があまり大であると試料を貫通する。特に薄物にはその恐が多い。兩側から銲接する場合には一方の側を銲接してから、次に他方の側を清浄にしてから銲接を始める。

(c) 電弧銲接法によつても亦容易に銲接することが出来る。この時には直流を使用し常輝鋼の電極を陽極とするとよい。層一層と銲接してゆく場合には前の層が冷却してから之を清浄にして、次のものを銲接する様になければならない。

(d) 電氣抵抗法による銲接は屢々 butwelding に應用せられる方法で、銲接すべき表面を十分に清浄にして、電流を通ずる間は壓力を加へておく。銲接の速さ等の調節はその部分が全部同時に銲接温度になる様にする事で、相當に經驗を要する手際と考へられる。

Tinning. 常輝鋼は hot-dipping によつて容易に tinning することが出来る。表面を soft-soldering の所で記述した如くに十分に清浄にする。即ち 50% の鹽酸中に浸すか又は之をもつて拭ふてから十分に水洗をして布をもつてふいて乾燥する。次に銲劑としては 50% の鹽酸に鹽化亜鉛を溶解して飽和溶液となしたものを使用する。tinning する部分を之に浸すか、塗布してから熔融した錫中に浸す。

Pickling. 之は常輝鋼の表面を銀白色にするために壓延又は熱處理中に出来る scale を除去するために行ふものである。scale をとつて表面を腐蝕抵抗性の仕上りとなし、且つ氣持よい外觀を與へる。之がためには適當な酸槽を使用すればよろしい。最後に多量の水をもつて酸を洗ひ落す。

Etching. 腐蝕薬として普通の鋼に使用せられるものは常輝鋼に対しては少しも役に立たない。即ち比重 1.20 の硝酸の場合と同様に少しも腐蝕しない。腐蝕したとしても極めて緩慢のものである。随つて常輝鋼に対しては適當な試薬を選ぶ事は甚だ困難で、腐蝕薬として單純な酸では常温に於て十分に効能のあるものは殆んどない、故に普通に常輝鋼の腐蝕薬として次の成分の混合酸を使用する。

鹽酸(比重 1.16).....4 硝酸(比重 1.42).....3 水.....4

この試薬は常温に於て常輝鋼に急激に作用するため有効である。又時間を長くかければそれだけ益々腐蝕を促進するものであるから特別に注意を拂ふべきである。

常輝鋼の研磨 常輝鋼の表面をよく研磨する事は甚しく困難な事ではない。適當な注意を拂へば鏡の如く輝いた表面を作る事が出来る。各種程度の研磨紙と研磨粉を使用して念入りに研磨する。荒い表面をもつた試料は荒い研磨紙から磨くことが必要で、兎に角初めに荒い凹凸のある表面を十分に除去しなければならない。次に一層細い研磨紙をもつて上記の荒い研磨紙の傷痕を十分に除去する。斯の如き方法を順次に繰返して最後に酸化クロムの粉末と最も細い研磨紙で鏡磨きを行ふ。又最後に stearine から出来てゐる物質をもつた塊即ち固體羊脂を使用する事もある。次に氈(felt)の圓板を廻轉してその上に酸化クロムをかけて仕上げをすると表面は光輝をもち鏡の如くなる。

IV. 常輝鋼の機械仕上げ

常輝鋼を機械仕上げする事は決して困難な事ではなく、適當の形の tools や適當な cuts, speeds 及び feeds をなせば容易に出来るのである。之を取扱ふ machine tools は剛硬性がなければならない。turning する際の cutting speeds は一般に軟鋼の場合と同程度で、最後の仕上げの時には lighter cuts を使用するとよい。又小物にも之を使用して speeds を一層早めると便利である。減磨劑も一般に使用するのがよく、特に drilling には必要である。turning の際試料が熱せられて膨脹するから返しの時にはゆるやかにする事が必要

である。又この膨脹があるために次の事などにも注意を拂はなければならない。即ち最後の精確な大きさのものを仕上げる時に、前もつて job を静止し冷却して正規の状態にする。斯くすれば最後の cutting による收縮や歪等を出来るだけ少くする事が出来る。相當に亂暴に行ふ時には tool の角度は適宜のものを選び、cutting によつて tool の一方に試料の大部を移動せしめる様にしなければならない。

次に drilling の際には speed をその drill の大きさに適當した速さにする。極めて小さい drills に対しては表面の speed は中間の drills のものよりは稍々遅くする。小さい細孔をあけるには drill の柔軟性で曲り易いために出来るだけ短いものを使用するのがよい。斯くすれば drill の両端にかゝる壓力によつて彎折せられる恐れがない。又中央部を pop する事も避けられる。おくりは常に規則正しく cut して少しも空廻りをせぬ様にしなければならない。

次に tapping を行ふ際には thread が著しく膨脹するから、tapping をする前に drilling size を選んで適當の allowance をつけておかななければならない。この膨脹は常輝鋼に於ては普通の軟鋼よりも大である。milling と planing は困難なく容易に行ふ事が出来る。

次表は大體のよい條件を示したもので、その中で適當な所を選ぶとよろしい。speed の數は極めてよい高級の高速度鋼具 (high speed steel tools) を使用した時のものである。

Lathe Work

| | Treated. | | Untreated. | |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Light Work. | Heavy Work. | Light Work. | Heavy Work. |
| Rough turning. | | | | |
| Cutting speed, ft./min. | 30/50 | 45 | 30/50 | 25/45 |
| Depth of cut, inches. | 1/16 | 3/16 | 1/16 | 3/32—3/16 |
| Feed, inches. | 1/36 | 1/40—1/16 | 1/36 | 1/64—1/16 |
| Cutting angles. | | | | |
| Front rake. | 10/20° | 10/20° | 10/20° | 10/20° |
| Side rake. | 10/15° | 10/15° | 10/15° | 10/15° |
| Front clearance. | 5/10° | 5/10° | 5/10° | 5/10° |
| Side clearance. | 5/10° | 5/10° | 5/10° | 5/10° |

| | Treated. | | Untreated. | |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Light Work. | Heavy Work. | Light Work. | Heavy Work. |
| Finish turning. | | | | |
| Cutting speed, ft./min. | 40/100 | 40/60 | 40/100 | 45 |
| Depth of cut, inches. | 0.002/0.003 | 0.004 | 0.002/0.003 | 0.004 |
| Feed, inches. | 1/48 | 1/48—1/80 | 1/48 | 1/80 |
| Cutting angles. | | | | |
| Front rake. | 15° 20' | 15° 20' | 15° 20' | 15° 20' |
| Side rake. | 0° 5' | 0° 5' | 0° 5' | 0° 5' |
| Front clearance. | 5° 10' | 5° 10' | 5° 10' | 5° 10' |
| Side clearance. | 5° 10' | 5° 10' | 5° 10' | 5° 10' |

Screw Cutting

| | Treated. | Untreated. |
|------------------|-------------|-------------|
| V—Threads. | | |
| Speed. | 25/35 | 20/30 |
| Cut. | 0.002/0.003 | 0.004/0.005 |
| Tap rake. | 5° 15' | 5° 15' |
| Front clearance. | 10° 15' | 10° 15' |
| Square threads. | | |
| Speed. | 30/45 | 20/40 |
| Cut. | 0.002/0.003 | 0.004/0.005 |
| Tap rake. | 5° 15' | 5° 15' |
| Front clearance. | 10° 15' | 10° 15' |

Tapping Sizes

| Nominal Size Tap. | Standard Tapping Hole. | | Recommended Tapping Hole for "Staybright." | | Core Diameter. |
|-------------------|------------------------|-------|--|--------|----------------|
| 5. B. A. | 37 | 0.104 | | 0.1065 | 0.098 |
| 4. B. A. | 32 | 0.116 | 31 | 0.1200 | 0.111 |
| 3. B. A. | 29 | 0.136 | 9/64" | 0.1406 | 0.127 |
| 2. B. A. | 24 | 0.152 | 4 m/m | 0.1575 | 0.147 |
| 1. B. A. | 17 | 0.173 | 4.5 m/m | 0.1770 | 0.166 |

| Nominal Size Tap. | Standard Tapping Hole. | | Recommended Tapping Hole for "Staybright." | | Core Diameter. |
|-------------------|------------------------|--------|--|--------|----------------|
| | | | | | |
| 0. B. A. | 10 | 0.193 | 5 m/m | 0.1970 | 0.189 |
| 1/4" white. | 3/16" | 0.1875 | 13/64" | 0.2030 | 0.186 |
| 5/16" " | 1/4" | 0.250 | 6.5 | 0.259 | 0.241 |
| 3/8" " | 19/64" | 0.2968 | 5/16" | 0.312 | 0.295 |
| 7/16" " | 23/64" | 0.3593 | U. | 0.368 | 0.346 |
| 1/2" " | 13/32" | 0.4063 | 10.5 m/m | 0.413 | 0.393 |
| 9/16" " | 15/32" | 0.4688 | 12 m/m | 0.472 | 0.456 |
| 5/8" " | 33/64" | 0.5156 | 17/32" | 0.531 | 0.509 |
| 11/16" " | 37/64" | 0.5781 | 15 m/m | 0.590 | 0.571 |
| 3/4" " | 5/8" | 0.6250 | 41/64" | 0.640 | 0.622 |
| 13/16" " | 11/16" | 0.6875 | 45/64" | 0.703 | 0.685 |
| 7/8" " | 47/64" | 0.7343 | 19 m/m | 0.748 | 0.733 |
| 15/16" " | 51/64" | 0.7968 | 20.5 m/m | 0.807 | 0.795 |
| 1" " | 27/32" | 0.8437 | 55/64" | 0.859 | 0.840 |
| 1-1/8" " | 61/64" | 0.9531 | 61/64" | 0.953 | 0.942 |
| 1-1/4" " | 1-5/64" | 1.078 | 1-5/64" | 1.078 | 1.067 |

Drilling, Speeds and Feeds

| Size of Drill. | R. P. M. Treated. | R. P. M. Untreated. | Feed per Revolution. |
|----------------|-------------------|---------------------|----------------------|
| 1/16" | 1,600 | 1,400 | 0.001 |
| 1/8" | 880 | 770 | 0.0025 |
| 3/16" | 600 | 520 | 0.004 |
| 1/4" | 460 | 400 | 0.005 |
| 3/8" | 320 | 280 | 0.0065 |
| 9/16" | 250 | 220 | 0.0085 |
| 5/8" | 230 | 220 | 0.009 |
| 13/16" | 195 | 170 | 0.010 |

V. 常輝鋼の機械的性質と物理的性質

(1) 機械的性質

常輝鋼の正規の状態は大洲田組織としておくものであるから鋼を 1100~1200°C に加熱して之を急冷する。この状態の機械的性質は大體次の如くである。

| Mech. Property | Sheet (20 G.) | Bar | Wire |
|---------------------------|-------------------|------------------|------|
| Yield Point, tons/sq. in. | 15.0 | 17.4 | 16.2 |
| Max. Stress, tons/sq. in. | 54.0 | 49.5 | 58.4 |
| Elongation, % | 65.0 | 50.0 | 65.0 |
| | (on 2" x 1" wide) | (on 2" x 0.564") | |
| Reduction of Area, % | — | 40.0 | — |
| Brinell Hardness No. | — | 15.3 | — |
| Izod Impact, ft. lbs. | — | 10.5 | — |
| Erichsen. | 13.8 m/m | — | — |

上記の数値によつて常輝鋼は大體軟鋼に類似して軟く yield stress が低く延展性が極めて大である事が知れる。又抗張力の最大歪力は Brinell 硬度に比例せずして比較的に大である。

捻り試験では

| | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Yield Point. | ...9.5 tons/sq. in. shear stress. |
| Shear Stress. | ...45 tons/sq. in. shear stress. |
| Degree of Twist. | ...450° on 1½" x ½" diam. |

Tensile condition をなほ大きくしたものは次の如くである。1½" の Round Bar について

| | |
|----------------------------------|-----------------|
| Yield Point, tons/sq. in. | ...20.0 to 30.0 |
| Max. Stress, tons/sq. in. | ...50.0 to 60.0 |
| Elongation, % | ...30.0 to 40.0 |
| Reduction of Area, %... .. | ...30.0 to 40.0 |
| Impact, ft. lbs. | ...90 to 110 |
| Brinell Hardness. No. | ...170 to 200 |

疲労試験では

機械の色々の部分で alternating stresses がかゝる所にこの材料を應用して疲労試験をすればこの常輝鋼が如何によいかと言ふ事が判然する譯である。軟化したものと higher tensile condition のものについて Wöhler の rotary bend test を行つた結果次の如き數値が求められてゐる。

Softened Condition

| | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| Stress to ± 17 tons/sq. in. | ...14,000,000 revs. unbroken. |
| ± 18 tons/sq. in. | 640,000 revs. broken. |
| ± 19 tons/sq. in. | 292,000 revs. broken. |

上記の結果よりして軟化したものゝ疲労限界は ±17 と 17.5 tons/sq. in. の間にある事が知れる。次に後者のものは

Higher Tensile Condition

| | |
|---------------------------------|----------------------------|
| Stress ± 19 tons/sq. in. | 9,020,000 revs. unbroken. |
| ± 20.6 tons/sq. in. | 12,209,600 revs. unbroken. |
| ± 23.0 tons/sq. in. | 87,900 revs. broken. |

この場合には疲労限界は ±21.0 tons/sq. in. の所にある。

各種熱練による影響 常輝鋼は耐錆鋼とは違つて焼入又は高温からの冷却によつて硬化しない。高温に於ては普通鋼の組織又は物理的性質と同様であるが、常温に冷却せられても内部の構造は比較的變化が少く、所謂再輝現象 (recalcescence) がなく、随つて又冷却の際に熱的の臨界點がない。それ故に常輝鋼を再熱又は冷却するために生ずる影響は全然ないとは云へないが、極めて少ないものである。壓延したものを 800°C 以下に再熱するとたゞ軟化せしめる。随つて展延性を増す様になる。之は加工によつて生じた内部歪を除去するためである。950°C からそれ以上に再熱すると軟化は益々大となり、強靱性と延展性を愈々増大せしめる。この事實は實際行はれてゐる鍛錬温度上限に達するまで中絶することなく續くものである。しかし結晶の組織は 1250°C 以上になると益々大となる。之は機械的試験には特別に大なる影響を及ぼすものではないが、その鋼が變化すると荒い表面を起し易いものであるから鍛錬の目的以外には 1200°C 以上に上昇せしめる事は望ましい事ではない。

常輝鋼の機械的性質に及ぼす常温加工の影響 常輝鋼は熱的に之を硬化する事は出来ないが、常温加工即ち壓延、鍛錬又は針金にする事によつて硬化せしめる事が出来る。材料は極めて展性に富むものであるから容易に壓延、鍛錬又は針金にし易い。次表は常温に於ける壓延がその機械的性質に如何に影響するかを數的に示したものである。

| | Yield Point. tons/sq. in. | Max. Stress. tons/sq. in. | Elongation. % on 2" | Brinell Hardness No. |
|-----|------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|
| (a) | 26.75 | 63.6 | 47.0 | 190 |
| (b) | 50.38 | 73.9 | 32.5 | 303 |
| (c) | 75.7 | 90.0 | 13.0 | 352 |

なほ一層加工すれば Brinell 硬度を 400 以上にする事は容易である。

常温加工後の熱錬の影響 常温加工した試料を焼戻す場合にその再加熱の温度を高くすればするほど軟化の程度が大になる。400°C 以上に再熱すると十分に軟化する事なく展性を恢復する事が出来る。高温の軟化は漸進的であつて高温加工後の再熱の影響について注意すべき事がそのまゝこの場合に應用される。上記の (c) に類似した試料を 400°C 以上に焼戻したものは spring の材料として極めてよいものである。斯くすれば yield stress は 86.5 tons/sq. in. で elongation は 14% 位となるからである。

(2) 常輝鋼の物理的性質

比重 十分に軟化した常輝鋼の比重は軟鋼の比重より 0.5% 位大で、次の如くである。

| Steel | Specific Gravity. | Lbs./Cub. in. | Lbs./Cub. foot. |
|----------------|-------------------|---------------|-----------------|
| 軟鋼 | 7.880 | 0.2845 | 491.2 |
| 常輝鋼 W. Q. 120P | 7.925 | 0.2860 | 494.0 |

熱膨脹 他の大洲田鋼と同様に常輝鋼の熱膨脹係数は極めて大なるもので、普通の炭素鋼よりよほど大で鋼のそれと殆んど等しい、次表は 20° と各温度間の平均膨脹係数である。

| Temperature range | Mean Coeff. of Expansion per degree centigrade. |
|-------------------|--|
| 20°/100°C | 0.0000170 |
| 20°/200°C | 0.0000177 |
| 20°/300°C | 0.0000181 |
| 20°/400°C | 0.0000186 |
| 20°/500°C | 0.0000192 |
| 20°/600°C | 0.0000201 |

銅の膨脹係数は 200°C までは 0.0000172 で常輝鋼と殆んど同じである。随つて高温に於て銅又は真鍮と接続して使用するに好都合である。

電気抵抗 十分に軟化した状態のものは 1 輻立方について 69 microhms なる電気比抵抗を持つてゐる。この値は常温加工によつて増大せられる。抗張試験機によつて 26% の延伸を受けたものは 73.6 microhms の比抵抗となる。比較のため軟鋼と銅の比抵抗を記述すれば前者は 10—12 で後者は 1.8 microhms である。常輝鋼が斯く大なる電気比抵抗をもつ事は腐蝕抵抗性の大なる事と、酸化せられ難い事と相俟つて優秀なる有用合金と見らるべきものである。温度係数は軟化したものについて云へば 1°C につき 0.00144 で常温加工によつてこの値は減少する。

熱傳導 常輝鋼は電気比抵抗が大であると同時に熱傳導度の係数は小で 1 輻の間の 1 度の差で 1 平方輻毎に 0.033 Calories である。比較のため次の數種のものゝ傳導率を掲げておく。

| | |
|--------------|------------------|
| 銀.....1.0 | 銅.....0.92 |
| 銀板.....0.92 | 銅.....0.06~0.11 |
| 純鐵.....0.146 | 陶器.....0.005 (約) |

比熱 銅の比熱がその成分によつて餘り大なる差異がない如く常輝鋼の場合も同様で約 0.117 位である。

磁性 十分に軟化したものは非強磁性でその透磁率は僅かに 1.01~1.03 位である。しかし之を常温加工すると僅かに磁性を増大せしめる。26% 延伸せしめた試料の最大透磁率は約 7 で、400 c. g. s. の磁場に於ける感應磁氣の最大値は僅かに 1820 c. g. s. に過ぎない。之を軟鋼について云へば 2,000 及び 20,000 である。X 線分析をして見ると加工せられたものは一部分 α 相即ち麻留田組織を生ずるために磁化せられた事が知れる。そして非強磁性である事は試料が γ 相即ち大洲田組織となつてゐる事である。

光學機械の鏡としての使用 常輝鋼は幾何學的に完全な表面に仕上げる事が出来得るものであるから、之を色々の鏡として使用すると極めて好都合の材料となる。銀鍍金した硝子の鏡は硝子の表面と裏面とより反射して複反射作用をするが、常輝鋼の鏡は之がないばかりでなく反射能が極めてよい。且つ又その表面は永久に反射能をもち、硝子鏡によく見

られる如く、表面に蒸気がたまって破損せられる恐がない。又平なものでも concave でも或は又 convex なものでも容易に形づけられ、之をよく仕上げする事が出来る。即ち硝子などよりも研磨し易い特徴がある。此外に oblique mirror, inverting mirror, right angle mirror 等のもの又大きな望遠鏡の反射鏡等にこの常輝鋼鏡を使用すれば極めてよいものが出るであらう。又常輝鋼は極めて高い温度にならぬ限り色が變つたり酸化せられる事がないから、熱源の近くで使用せられるものに用ひても至極適當である。何となれば常輝鋼は比較的伝導度がよいから直ちに一樣な温度となるために、少し位熱せられても光學的表面の平滑度を破壊する様な事がないからである。斯の如き常輝鋼鏡は反射が完全であるために銀又はニッケル鍍金したものに較べて、目に對して極めて愉快な氣持を與へる。之は所謂 tint 即ち着色がないためであらう。

高温に於ける抗張力 常輝鋼は常温近くに於てこそ軟鋼と比較せられるが、高温例へば 500°C 以上に於ては軟鋼より遙かによく、高温加工をする場合は特に其の爲めに作られた特種鋼によく類似してゐる位で、しかも酸化せられない。即ち“non-scaling”の特性があるので多くの目的に使用せられる。

酸化に對する抵抗力 常輝鋼は高温に於ても空氣中で酸化せられ難い。之を他の鋼との比較的の數字を以つて表はす事は一寸困難であるが、1000°C に於て一方の開いた爐中に入れて別に空氣を引き入れる事なく酸化せしめて、その酸化の増量をもつて比較するならば次の如くである。但し試料の大きさは長さ 4" で 7/8" の直徑のものを 6 時間試験した結果である。

| 試料 | 1000°C に於ける増量 |
|------------|---------------|
| 鍊鐵 | 0.75 |
| 0.3% C の軟鋼 | 0.67 |
| 0.45% C " | 0.70 |
| 1% C 鋼 | 0.58 |
| 8% ニッケル鋼 | 0.65 |
| 常輝鋼 | 0.04 |

VI. 空氣中及び海水中に於ける常輝鋼の腐蝕抵抗力

都會の空氣特に工場地帯の空氣中には金屬を腐蝕する瓦斯を多く含むものである。その瓦斯の中で最も作用の激しいものは亞硫酸瓦斯で之は石炭の燃焼に伴つて生ずるものである。常輝鋼について空氣中の實驗としては次の事實が記載されてゐる。

(a) 常輝鋼の scale をとつた板を Thos. 社の實驗室の屋根に 6 ヶ月間曝露せしめておいた所塵芥はその上にたまつてゐたが、之を除去すれば何等變化を受けてゐない事が知れた。

(b) 次に研磨した常輝鋼を 3 ヶ月間倫敦の空氣中に放置した。丁度氣候の變化がある時分であつて霧の非常に多い時を過ぎさせた。しかも試料には少しの變化なく輝いてゐたと云ふ事である。

(c) 其の他英國に於ける Derbyshire の Peak District 又は Preston に於て、又 Thos. 會社の Siemens 爐の近くに於て 1 ヶ月間爐から出る瓦斯の作用を受けしめた所常輝鋼は何れも變化せられなかつた。次に海水に對しては

(d) Bahamas に於ける巡洋中の船腹に常輝鋼を下げ乾燥せしめたり濕潤せしめたりした。又南面した岩窟の中に常輝鋼を數ヶ月間放置して潮の干満を利用して濕乾を交互にせしめ、乾いた時は太陽が十分に照りつける様にせしめた所是等の試料は少しも腐蝕せられてゐる様子が見へなかつたと云はれてゐる。

(e) New Zealand から Panama Canal へと航海した商船の舷窓へ常輝鋼を下げ試験せるに之も變化せられなかつた。

(f) 其の他 Thos. 會社の社長の世界一周旅行の際に、各船の航海中又は Northumberland の海岸等に於ける試験によつても皆常輝鋼は常に輝いて少しも腐蝕せられなかつたと云ふ成績が報告せられてゐる。

次に turbine blade や nozzle plates として使用せる状態の腐蝕試験を次の各種の材料について行つた。

| 元素 | 常輝鋼 | 耐錆鋼(佛) | 30% ニッケル鋼 | 5% ニッケル鋼 | 軟鋼 |
|-----|-------|--------|-----------|----------|------|
| Ni% | 7.98 | 35.55 | 30.30 | 4.84 | 0.08 |
| Cr% | 18.54 | 10.82 | 0.20 | Nil | Nil |

試料は總て 1" の幅の小板とし scale をとつたものである。

(1) 海水を沸騰して蒸氣を 100°C としその中に試料を浸した。海水を時々注加して水面を常に同一に保つた。そのため溶液の濃度は増し最後には容器の底に半吋も結晶鹽が貯つてゐた。試験の結果は次の如くであつた。

| 試料 | 重量の變化 | 試験後 |
|-----------|---------|--------|
| 常輝鋼 | Nil | 變化なし |
| 耐錆鋼(佛) | -0.0001 | 僅に錆を認む |
| 30% ニッケル鋼 | +0.0009 | 酸化す |
| 5% ニッケル鋼 | -0.0012 | 腐蝕す |
| 軟鋼 | -0.0015 | 腐蝕す |

(2) 蒸氣を 300°C にして試料を 7 日間 300°C に保つて 50 時間だけ蒸氣を送つた場合には次の表に示した如くであつた。

| 試料 | 重量の變化 | 試験後 |
|-----------|---------|--------------|
| 常輝鋼 | Nil | 一方の側にかすかに色づく |
| 耐錆鋼(佛) | +0.0001 | 一方の側酸化す |
| 30% ニッケル鋼 | -0.0124 | 著しく腐蝕す |
| 5% ニッケル鋼 | -0.0011 | 腐蝕す |
| 軟鋼 | -0.0021 | 腐蝕す |

(3) 試料は 100°C に 7 日間保つて鹽類と接觸せしめ、之に 100°C の蒸氣を送り込む。但し蒸氣を送つた時間は 50 時間とした。その結果は次の如くであつた。

| 試料 | 重量の變化 | 試験後 |
|-----------|---------|----------|
| 常輝鋼 | Nil | 變化なし |
| 耐錆鋼(佛) | Nil | 極めて僅に變化す |
| 30% ニッケル鋼 | -0.0005 | 僅に腐蝕す |
| 5% ニッケル鋼 | -0.0035 | 腐蝕す |
| 軟鋼 | -0.0060 | 著しく腐蝕す |

(4) (3) と同様であるが蒸氣を 200°C にした時の結果は又次の表の如くであつた。

| 試料 | 重量の變化 | 試験後 |
|-----------|---------|----------|
| 常輝鋼 | Nil | 極めて僅に變化す |
| 耐錆鋼(佛) | Nil | 極めて僅に錆る |
| 30% ニッケル鋼 | +0.0004 | 酸化す |
| 5% ニッケル鋼 | -0.0001 | 酸化す |
| 軟鋼 | -0.0009 | 酸化す |

上記の試験に於ては試料の重量を測定しておき、試験後出来るだけ錆をとり落して再びその重量を測定したもので、正號のつけるものは錆が堅く附着して普通の方法ではとり落す事が出来ないで、そのまゝの重量の増加を示したものである。重量變化の數値は毎平方寸についての減量を瓦で表したものである。

是等の結果から見て明かな如く常輝鋼は最もよく、次に佛國製耐錆鋼 (rustless steel) が之につぐ。他の三つの鋼は是等に比較して著しく悪い事が知れる。

VII. 常輝鋼に対する酸の作用

常輝鋼は耐錆鋼に比較して硫酸及び鹽酸に對して遙に強く、化學工業上極めて有用なる材料である。以下各種の酸についてその概略を記述しよう。

醋酸 CH_3COOH . calico printing, dyeing, ink, leather, paper, perfumery, white lead 工業に使用せられる酸であるが、この濃度を 5, 10, 15, 20, 33 及び 100% のものについて 15°, 50°, 80°C の三種の温度で夫々試験せる結果 80°C に於て 33% のもので極めて僅に腐蝕せられ、100% のものでは部分的に腐蝕せられて毎平方寸に就て 0.0002 瓦の減量があつたに過ぎない。腐蝕期間は總て 7 日間とした。次に酸の蒸氣に 24 時間當てた所沸騰せる 33% の溶液の蒸氣は 0.0003 瓦、100% の蒸氣では 0.0046 瓦の減量があつた。上記の結果より見てこの常輝鋼は總ての濃度のものに対して沸騰點に到る各種の温度で、之を安全に使用する事が出来ること云へる。但し氷醋酸の蒸氣には侵される。

安息香酸 $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$. tobacco, dye, perfumery, preservatives 及び toilet 工業に使用される。このものは冷水には殆んど溶解せられないが沸騰水中には容易に溶解せられる。各種の濃度の溶液中に 15°C と沸騰點とに於て 7 日間試料を浸して試験せるも何等の影響をも受けなかつた。

硼酸 H_3BO_3 . butter, enamels, glass, leather, pottery 及び soap 工業に使用せられる。重量で 15% の溶液中に 15°C で 28 日間、100°C で 24 時間試験せる結果常輝鋼には何等の影響も認められなかつた。

石炭酸 C_6H_5OH . 各種濃度の溶液を沸騰点までの色々の温度に於て試験せるも少しの變化も認められなかつた。

枸橼酸 $(CH_2)_2C(OH)COOH$. calico printing, confectionery, dyeing, ink, medicines, mineral waters に使用せられるもので果實中に廣く存在する。酸性で有名なレモンの汁の中には 6% もこの酸が含有せられてゐる。6% の溶液中 15°C で 28 日間、100°C で 24 時間試験しても常輝鋼には何等の變化も認められなかつた。次に 10, 25, 50% のものについて 15°C で 28 日間、100°C で 24 時間試験しても其の結果は同様に少しも侵されなかつた。

蟻酸 $HCOOH$. cotton, dyeing, electroplating, leather, medicine, rubber 工業に使用せられるものである。常輝鋼は 50% (比重 1.12) 25% (比重 1.06) の溶液中 15°C で 28 日間試験せる結果は極めて強く、50% 溶液中で 101°C の沸騰點に 4 時間浸した時に始めて每平方寸について 0.0030 瓦の減量があつた。随つて常温に於ては之を安全に使用する事が出来る。

チアン化水素酸 HCN . 有毒な酸であるが各種濃度溶液中に 15°C で 28 日間試験せる所何等の影響も認められなかつた。

鹽酸 HCl . 無機酸の中で最も有用なるものの一つで、化學工業上各方面に廣く使用せられる。各種の濃度と温度の溶液中に常輝鋼を浸して試験せる所、不幸にして充分によい抵抗性をもつとは考へられなかつた。常輝鋼については別に數値は與へられてゐない。尤も "Anka" 及び Krupp の V. 2. A. についての數値は第十四章 § 84 に既述しておいたから参照せられたい。

弗化水素酸 HF . 分析化學, brewing, china, cleaning 及び glass process に使用せられる。常輝鋼はこの酸には侵される。

乳酸 $CH_3CH(OH)COOH$. brewing, calico printing, confectionery, dyeing, leather, pharmacy 及び tanning 工業に使用せられる。又牛乳の重要な一成分である。50% の溶

液中 15°C で 28 日間浸せる所少しも侵されなかつた。其後に 100°C で 24 時間試験した結果は每平方寸について 0.0040 瓦の減量があつた。故にこの乳酸に対しては常輝鋼は常温に於て使用する場合はいが、高温で使用する事は出来ない。

林檎酸 $CH_2CH(OH)(COOH)_2$. 主に林檎の果實汁中に存在するもので、5, 10, 25, 50% の溶液中 15°C で 28 日間、100°C で 24 時間試験せる所が何れの場合に於ても皆何等の影響も受けなかつた。

硫酸と硝酸の混合溶液. この混合液は nitration 法に廣く使用せられる。後述する如く硫酸のみには侵されるが、之に硝酸が入ると常輝鋼は耐酸性を帯び強くなる。その結果は次表の如くである。

| | 混合液 (%重量) | | | 每平方寸の減量、瓦 | 備考 |
|-------|-------------------|---------------------------------|-------------------|-----------|---------------|
| | %HNO ₃ | %H ₂ SO ₄ | %H ₂ O | | |
| 常 | 69 | 29 | 2 | 0.0001 | 侵さる (stain) |
| | 44 | 54 | 2 | 0.0003 | 僅に侵さる |
| | 21 | 77 | 2 | 0.0003 | 侵された所見へず |
| | 8 | 90 | 2 | 0.0004 | 僅に腐蝕する (etch) |
| | 49 | 29 | 22 | 0.0001 | 侵さる |
| 温 | 31 | 54 | 15 | 0.0001 | 僅に侵さる |
| | 15 | 76 | 9 | 0.0002 | 侵された所見へず |
| | 5.5 | 88.0 | 6.5 | 0.0002 | " |
| 110°C | 14.0 | 57.0 | 29.0 | 0.0004 | 極めて僅に侵さる |
| | 10.0 | 57.0 | 22.5 | 0.0007 | 僅に侵さる |
| | 7.0 | 57.0 | 36.0 | 0.0004 | " |
| | 3.5 | 57.0 | 39.5 | 0.0007 | " |

上記各種の混合溶液中に 15°C で 7 日間浸しておいた所、減量は極めて少く常輝鋼はこの混合酸に対して優秀なる抵抗性をもつと云ふ事が出来る。

硝酸 HNO_3 . 人工的の silk, celluloid, ceramic, dyeing, explosives, leather, paper, rubber 工業に使用せられる。耐錆鋼と同様に各種の濃度及び温度に於て極めて抵抗性の大なるものである。次表はその結果の一例である。

| % 濃度 | 比 重 | 腐蝕期間 | 温 度 °C | 減 量 | 備 考 |
|------|-------|-------|-----------|-------|--------------|
| 70 | 1.42 | 7 日 | 15° | Nil | 影響なし |
| 70 | 1.42 | 7 日 | 50° | " | " |
| 70 | 1.42 | 24 時間 | 沸騰 | Trace | 侵される (stain) |
| 32.3 | 1.20 | 7 日 | 15° | Nil | 影響なし |
| 32.3 | 1.20 | 7 日 | 50° | " | " |
| 32.3 | 1.20 | 7 日 | 110° | " | " |
| 6.3 | 1.033 | 7 日 | 15° | " | " |
| 6.3 | 1.033 | 7 日 | 50° | " | " |
| 6.3 | 1.033 | 7 日 | 104° | " | " |

次に硝酸の蒸気に曝す実験を行つた。研磨した圓い棒の試料を半分 70% (比重 1.42) の溶液中に浸してこれを 15°, 40°, 70°, 100°C にせる所が、100°C に於てのみ 0.0001 の減量があつて水溶液面の上が侵されてゐた。次に 32.3% の溶液につき同様の試験をした所が、何れも皆何等の影響も認められなかつた。故に常輝鋼は硝酸を取扱ふ上に於て極めて優秀な材料と云へよう。

亜硝酸 HNO_2 . 主に金属の cleaning と化学分析に使用せられるものである。5% 及び 100% の溶液中に 15°C で 17 日間浸せる所少しも影響がなかつた。

オレイン酸 $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$. candle, pharmacy, polishing preparations, soap 及び textile works に使用せられる。100% の溶液中に 15°C で 28 日間と、100°C で 24 時間常輝鋼を浸せる所兩者共に變化が認められなかつた。

蓆酸 $(\text{COOH})_2$. brewing, dyeing, inks, leather, paper, straw hats 及び textile manufactures に用ひられる。1%, 5%, 10% の溶液を 15°C と 50°C にしてこの中に試料を 28 日間浸した所何等の影響も受けなかつた。

磷酸 H_3PO_4 . glass, lithography, mineral waters, pharmacy, sugar 工業に使用せられる。25%, 50% 及び 100% の溶液中に試料を 28 日間浸せる所が何れの場合にも皆侵されなかつたが、温度を上昇せしめると腐蝕せられ温度の上昇と共に増進せられた。

ピクリン酸 $\text{C}_6\text{H}_5(\text{NO}_2)_3\text{OH}$. dyes, pharmacy, explosives と textiles に使用せられる。各種濃度の水溶液及びアルコール溶液中に於て侵されない。又温度を上昇し沸騰せしめて

も同様であつた。

ピロガロール $\text{C}_6\text{H}_5(\text{OH})_2$. 常輝鋼は各種の濃度及び温度の溶液中に於て少しも侵されなかつた。

セバシン酸 $\text{CH}_3(\text{COOH})_2$. nitro-cellulose の製作に使用せられるものである。この酸には常輝鋼は侵される。アルコールの飽和溶液中に 15°C で 7 日間試料を侵せる所が何等影響がなかつたが、100% の溶液中に 140°C で 24 時間浸すと侵される。

ステアリン酸 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}(\text{COOH})$. candle と soap の製造に使用せられる。この熔融酸中に長く浸しておいても少しも侵されなかつた。

硫酸 H_2SO_4 . 各方面に使用せられる重要な無機酸である事は衆知の事である。この酸に耐へる鐵合金は極めて有用なものであるが未だ知られてゐない。常輝鋼も硫酸には侵されるが耐錆鋼よりは遙に強い。

硫酸溶液中に硫酸銅又は硫酸第二鐵を加へると耐錆鋼と同様に常輝鋼も亦受働態となる。この事實は § 85 に於て既述せる如く常輝鋼又は耐錆鋼を使用して硫酸を取り扱ふ上に重要な事實で注目すべき事である。常輝鋼の硫酸中に於ける実験の結果は次表の如くである。

| % 濃度 | 腐蝕期間 | 温 度 °C | 每平方寸の 減量、瓦 |
|------|------|-----------|---------------|
| 50 | 7 日 | 15° | 0.0752 |
| 50 | 7 日 | 50° | 0.8544 |
| 20 | 7 日 | 15° | 0.0384 |
| 20 | 7 日 | 50° | 0.2712 |

亞硫酸 H_2SO_3 . bleaching, dyeing, brewing, paper, photography, wine 工業に使用せられる。各種濃度の溶液中に於て実験せる結果、その溶液が亞硫酸の溶液になつて保存せられてゐる間は少しも侵されないが、亞硫酸が酸化せられて少量にても硫酸が出来ると侵される恐がある。故にこの溶液を使用する時には之が酸化せられない様に注意しなければならない。

酒石酸 $(\text{CH}(\text{OH})\text{COOH})_2$. baking powder, brewing, calico printing, confectionery,

dyeing, leather, pottery, textiles, wines 等の工業に使用せられる。5, 10, 25 及び 50% の溶液を 15°C と 100°C にして之に常輝鋼の試料を浸して実験せる所何等の影響もなかつた。

VIII. 常輝鋼に対する各種鹽類溶液及び其の他の物質の作用

腐蝕期間を 28 日とした。その譯は腐蝕する液はこの間に相當腐蝕を促進するであらうし、又腐蝕しない液は 28 日もその中に浸しておけば殆んど腐蝕しないと断定し得られるであらうと考へたためである。又腐蝕すべき溶媒となるものが固態である時は試料をその中にさし込んで実験した。温度は 15°C で実験結果の概略は次表の如くであつた。

| 腐蝕液 | 分子式 | %濃度 | 結果 |
|------------------------|--------------------------------|--------------------|----------|
| 無水醋酸 | $(CH_3CO_2)_2O$ | 100 | 侵されず |
| アセトン | $(CH_3)_2CO$ | 100 | " |
| 加里明礬 | $K_2Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ | 10 | " |
| 硫酸アルミニウム (50°C) | $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ | 1 } 5 } 10 } | " |
| 臭化アンモニウム (15° と 50°C) | NH_4Br | 1 } 5 } | " |
| 炭酸アンモニウム | $(NH_4)_2CO_3$ | 飽和 | " |
| 鹽化アンモニウム | NH_4Cl | 5 | " |
| 同上沸騰溶液 | | 47 } 23.5 } | 極めて僅に侵さる |
| アンモニア | NH_4OH | 各種濃度 | 侵されず |
| 硝酸アンモニウム | NH_4NO_3 | 10 | " |
| 硫酸アンモニウム | $(NH_4)_2SO_4$ | 10 | " |
| 硫酸アンモニウムと 5% 硫酸 (50°C) | — | 飽和液 | 侵さる |
| 林檎 | — | — | 侵されず |
| ビニール | — | — | " |
| ベンゼン | C_6H_6 | 市販 | " |
| 漂白粉 | $Ca(OCl)Cl$ | 水中浮遊 | 僅に侵さる |
| 臭素 | Br_2 | 100 | 侵さる |
| | | 3.3 | 侵さる |
| | | 1.65 | " |
| | | 0.83 | " |
| | | 0.33 | 極めて僅に侵さる |
| | | 0.165 | " |
| | | 0.033 | 侵されず |

| 腐蝕液 | 分子式 | %濃度 | 結果 |
|------------|--|---|-------|
| 鹽化カルシウム | $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ | 10 | 侵されず |
| サイダ | — | — | " |
| コーヒ | — | 濃水溶液 | " |
| 鹽化銅 | $CuCl_2$ | 5 } 10 } | 侵さる |
| 硫酸銅 | $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ | 10 | 侵されず |
| 硫酸銅と 2% 硫酸 | — | 10 | " |
| エチルアルコール | C_2H_5OH | 100 | " |
| エチルイーサー | C_2H_5O | 100 | " |
| 鹽化第二鉄 | $Fe_2Cl_6 \cdot 12H_2O$ | 5 } 10 } | 侵さる |
| 硝酸鉄 | $Fe(NO_3)_2$ | 5 | 侵されず |
| 硫酸鉄 | $Fe_2(SO_4)_3$ | 5 | " |
| 硫酸鉄と 2% 硫酸 | — | 5 | " |
| フォルマリン | $HCHO$ | 40 | " |
| 過酸化水素 | H_2O_2 | 20 (容積) | " |
| 沃度 | I | 1% in 2% KI 溶液、飽和 1 in 2% KI 溶液と I の結晶 | " |
| レモン | — | — | " |
| 鹽化マグネシウム | $MgCl_2$ | 10 | " |
| 硫酸マグネシウム | $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ | 10 | " |
| 水銀 | Hg | — | " |
| 水銀と水道の水 | — | — | " |
| 水銀と海水 | — | — | 僅に侵さる |
| 硝酸水銀 | $Hg_2(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$ | 5 | 侵されず |
| 鹽化水銀 | $HgCl_2$ | 5 | " |
| チアン化水銀 | $Hg(CN)_2$ | 5 | " |
| ミルク | — | — | " |
| 鐵山水 | ($FeSO_4$, $CuSO_4$, と H_2SO_4 を含む) | — | " |
| 硝酸ニッケル | $Ni(NO_3)_2$ | 5 } 10 } | " |
| オニオンソース | — | — | " |
| 石油 | — | — | " |
| バインアップル | — | — | " |
| 芋 | — | — | " |
| 臭化加里 | KBr | 1 } 5 } 10 } | " |

| 腐蝕液 | 分子式 | %濃度 | 結果 |
|-------------------------------|--|------------|----------|
| 海水 15°Cと80°C | — | — | 侵されず |
| 海水(絶へず攪拌する) | — | — | " |
| 海水(時々霧として吹きかける) | — | — | 極めて僅に侵さる |
| 食卓鹽 | — | — | 侵されず |
| 食鹽 | NaCl | 5) 10) | " |
| 枸橼酸ナトリウム | (CH ₂) ₂ C(OH) ₂ (COONa) ₂ | — | " |
| 苛性曹達 (15°, 40°, 60°, 80°C) | NaOH | 33) 66) | " |
| ナトリウムハイポ クロライト | NaOCl | 0.2 | " |
| 硝酸ナトリウム | NaNO ₃ | 5 | " |
| 硫酸ナトリウム | Na ₂ (SO ₄)10H ₂ O | 10 | " |
| 硫化ナトリウム | Na ₂ S | 10 | " |
| ナトリウムチオ サルフェート(ハイポ) | Na ₂ S ₂ O ₃ | 30 | " |
| スピリットオブ ナイター | C ₂ H ₅ NO ₂ | — | " |
| 鹽化錫 | SnCl ₂ 2H ₂ O | 5) 10) | 僅に侵さる |
| トマト | — | — | 侵されず |
| 3クロルエチレン | — | 100 | 侵さる |
| 酢 | — | — | 侵されず |

IX. 常輝銅と他の金属との接触による腐蝕

常輝銅を他の金属合金と接触して之を使用する場合に如何なる現象が起るか、之に關する事實を知りおく事は使用上最も大切な事柄である。耐錆鋼は他の金属と接触して適當な電解質の溶液中に存在する場合に局部的の電流作用を起して腐蝕を促進する恐が屢々ある。例へば砲金の bearings の中で耐錆鋼の shaft を動かす pump をもつて海水を取扱ふ場合に shaft が侵される。この種の腐蝕は最も重大で部分的に鋼面に孔即ち pitting を起す。之は鋼が他の金属合金に對して陽極として作用するためである。Thos. Firth 會社にて常輝銅と次の5種の有用合金とを接触せしめて局部的電流作用による腐蝕を研究せる所次の如き結果を得た。

| 元 素 | Phosphor Bronze P. B. | Bearing Brass B. B. | Gun Metal G. M. | Standard White Metal S. W. M. | Lead White Metal L. W. M. |
|-----|-----------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Sn | 5.16 | 0.10 | 5.20 | 92.51 | 5.54 |
| Sb | Nil | Nil | Nil | 3.66 | 24.84 |
| Pb | " | 2.03 | 0.90 | Nil | 69.48 |
| Cu | 99.23 | 59.72 | 78.11 | 3.81 | Nil |
| Fe | 0.42 | 0.21 | 0.74 | Nil | " |
| Ni | Nil | Nil | 1.92 | " | " |
| Zn | " | 38.00 | 12.15 | " | " |
| P | 0.175 | Nil | Nil | " | " |

上記の非鐵合金を直径 1"~1½" 長さ 1" とし之に半吋の孔をあけて常輝銅を象嵌したものを試料とし、14 日間水道の水と海水に浸し、溫度を 15, 40, 60, 80°C の四つの場合に區別して行つた。その結果は次の如くである。

| 結 合 合 金 | (1a) 15°C の水道 水中に浸せる場合 (毎平方吋につい ての減量なし) | (2a) 40°C の水道 水中に浸せる場合 (毎平方吋につい ての減量なし) | (3a) 60°C の水道 水中に浸せる場合 (毎平方吋につい ての減量なし) | (4a) 80°C の水道 水中に浸せる場合 (毎平方吋につい ての減量なし) |
|-------------------|--|--|---|--|
| S. S.* P. B. | 侵されず 僅に侵さる | 侵されず 僅に侵さる | 侵されず 僅に侵さる | 接觸部極めて僅に 侵さる 著しく侵さる |
| S. S. B. B. | 侵されず 僅に侵さる | 侵されず 僅に侵さる | 侵されず 接觸部極めて僅に 侵さる | 侵されず 僅に侵さる |
| S. S. G. M. | 極めて僅に色づく 僅に侵さる | 侵されず 殆んど侵されず | 侵されず 極めて僅に侵さる | 接觸部が極めて僅 に色づく 僅に侵され表面變 色する |
| S. S. S. W. M. | 接觸點の上に僅に 色づく 極めて僅に侵さる | 僅に變色する 接觸部に僅に孔が あく | 僅に變色する 接觸部に僅ながら 孔があく | 接觸部僅に色づく 接觸部侵さる |
| S. S. L. W. M. | 全く侵されず 僅に侵さる | 接觸部に極めて僅 に色づく 接觸部僅に侵さる | 僅に變色する 侵さる | 侵されず 極めて僅に侵さる |
| 結 合 合 金 | (1b) 15°C の海水 中に浸せる場合 (毎平方吋につい ての減量なし) | (2b) 40°C の海水 中に浸せる場合 (毎平方吋につい ての減量なし) | (3b) 60°C の海水 中に浸せる場合 40°C の海水の場合 (2b) と同じ | (4b) 80°C の海水 中に浸せる場合 (毎平方吋につい ての減量なし) |
| S. S. P. B. | 侵されず 侵さる | 侵されず 侵さる | | 接觸部極めて僅に 侵さる 著しく侵さる |

| | | | | |
|-------------------|-----------------------|------------------|--|---------------------------|
| S. S. B. B. | 接觸點の上に僅に色づく 僅に侵さる | 侵されず 僅に侵さる | | 接觸部僅に色づく 侵さる |
| S. S. G. M. | 接觸部が色づく 侵さる | 侵されず 侵さる | | 接觸部僅に侵される 僅に侵さる |
| S. S. S. W. M. | 接觸點が極めて僅に色づく 僅に侵さる | 接觸部變色する 僅に侵さる | | 僅に變色する 接觸部侵さる |
| S. S. L. W. M. | 侵されず 侵さる | 侵されず 接觸部侵さる | | 接觸部が極めて僅に色づく 接觸部が僅に侵さる |

* S. S. は常鋼なり。

上記の結果によつて明かな如く、常鋼は局部的電流作用によつて腐蝕せられる事がなく、極めて有効なものである事が知れる。又常鋼を鑄鐵、軟鋼と接觸して海水中で實驗せる結果何れも常鋼は何等侵される事はないが、鑄鐵と軟鋼は普通に起る様に腐蝕せられる。

常鋼の使用の方面について澤山の實例を上げる事が出来るが茲には是等を省略して單にその寫眞の一つ No. 12 についてその一端を示しておく。

各種の溶液と之を取扱ふ装置に

使用せられてゐる材料

化學藥品其他の物を取扱ふために使用せられる器具材料

(Hamlin, Turner 及び Speller.)

各種の溶質を溶解した溶液、酸及びアルカリ等を處理する際に、一般に使用せられて相當の成績を擧げてゐる器具材料を纏めたものである。次表は優秀なる材料の順に並べたものではなく、單に alphabet の順に記載したものである。又 pipe や tubing によいものは當然 valves, fittings によく、monel metal でよい場合には他の銅ニツケル合金を使用してもよい事を了解せられたい。

| 溶 液 | 材料金屬及び合金 | 使 用 場 所 |
|----------------------------|--|---|
| Acetic anhydride (無水醋酸) | 銅、珪砂引せる鐵、熔融シリカ 硝子、高珪素鐵、銅、鉛... アルミニウム | distillation (水醋) condensers, piping, tanks (水醋). |
| Acid, acetic (醋 酸) | アルミニウム青銅 鑄鐵 銅... .. 珪砂引せる鐵又は銅... .. 熔融シリカ... .. 硬化ゴム 高クロム鋼... .. 高珪素鋼 鉛の裏付 モネルメタル | pumps (各種濃度) condensers, piping. 市販の酸の總てのもの stills (蒸發装置). distillation (水醋) condensers, piping, tanks (水醋). condenser, piping, tanks (水醋). 純酸の distillation, condensers, piping. tank lining, pumps, piping (各種濃度、常溫近く). (各種濃度、各溫度). condensers, piping, pumps (各種濃度). 長期貯藏 (水醋). pumps, tubing (各種濃度). |

| 溶 液 | 材料金属及び合金 | 使 用 場 所 |
|---|------------------|--|
| benzoic acid (石炭酸) Acid, chloracetic | 磷青銅... .. | pumps (濃厚溶液). |
| | 銀... .. | condensing tubes. |
| | スレート... .. | tanks (水醋). |
| | 石器... .. | condensers, piping, tanks, pumps (各種濃度). |
| | 木材... .. | 常温短期貯蔵の tanks に椗, cypress, 椗. |
| | アルミニウム、ニッケル | 250°C 以下. |
| | 銅、珪朧引せる鐵 | |
| | 鉛、ニッケル... .. | |
| | アルミニウム... .. | condensers, pumps. |
| | 眞鍮... .. | pumps (稀薄溶液). |
| Acids, fatty (脂肪酸) (propionic, butyric) | 鑄鐵... .. | stills. |
| | 銅... .. | pipes (各種濃度、各温度) condenser tubes. |
| | 珪朧引せる鐵... .. | stills, condensers. |
| | 高珪素鐵... .. | condensers, piping, pumps. |
| | モネルメタル... .. | pumps, tubing, receiving eggs. |
| | 銅... .. | stills. |
| | 石器... .. | pumps. |
| | Acid-brick... .. | tanks lining. |
| | 鑄鐵... .. | furnace pots. |
| | 陶磁器... .. | gas fans (濕氣) gas pipes (濕氣、常温) |
| Acid, hydrochloric (鹽 酸) | 熔融シリカ... .. | gas pipes (各種濃度、各温度) absorption system. |
| | 硝子... .. | absorption systems, pipes, carboys. |
| | 硬鉛... .. | pumps (1~5% 濃度). |
| | 硬ゴム... .. | fans lining (濕氣、常温). |
| | | pumps (1~30% 濃度). |
| | | pipes (各種濃度、各温度). |
| | | tanks lining (各種濃度、常温). |
| | モネルメタル... .. | pickling apparatus (稀薄溶液、常温). |
| | 純粹のゴムラバー... .. | tubing, tanks lining, tank cars, fans (各種濃度、常温). |
| | 石器... .. | gas と liquor pipes (各種濃度、各温度). absorption system, tanks (5% 以上). pumps, lifts, fans. |
| Acid lactic (乳 酸) | 青銅... .. | pumps (各種濃度). |
| | 銅... .. | evaporators, tanks, pipes (各種濃度、各温度). |
| | 珪朧引せる鐵... .. | evaporating pans, tanks, pipes, pumps (食品製造用) (各種濃度). |

| 溶 液 | 材料金属及び合金 | 使 用 場 所 | |
|--------------------------|-----------------------|--|--------------------------------|
| Acid, mixed (混合酸) | Acid-brick... .. | tanks. | |
| | 鑄鐵... .. | tanks, pumps. | |
| | 珪朧引せる鐵... .. | nitratators. | |
| | 高珪素鐵... .. | nitratators. | |
| | 鉛... .. | nitratators. | |
| | ニクロム... .. | dipping baskets. | |
| | 銅... .. | tanks, pipes, nitratators. | |
| | 石器... .. | nitratators. | |
| | Acid, nitric (硝 酸) | Acid-brick... .. | towers と packing (60% 以下、各温度). |
| | 鑄鐵... .. | stills. | |
| Acid, sulphuric (硫 酸) | 熔融シリカ... .. | gas piping と condensers (各種濃度). | |
| | 硝子... .. | gas piping, condensers, absorption systems, liquor piping (各種濃度). | |
| | 高珪素鐵... .. | gas piping, condensers, pumps, fans, liquor piping (各種濃度). | |
| | 石器... .. | gas piping, condensers, absorption system, pumps, fans, piping (各種濃度). | |
| | Acid-brick... .. | absorption towers (75% 以下高温). absorption tower packing. pickling tanks (6%). | |
| | アルミニウム青銅... .. | pickling apparatus (6%). pumps (稀薄溶液). | |
| | 鑄鐵... .. | absorbers と tanks (85~100%). pumps と lifts (90~98%). | |
| | Coke... .. | absorption tower packing. | |
| | コンクリート... .. | pickling tanks. | |
| | 熔融シリカ... .. | chamber acid concentration. | |
| Acid, sulphuric (硫 酸) | 硬ゴム... .. | pumps (1~45°Bé. 常温) pipes, tanks. | |
| | 高珪素鐵... .. | chamber acid concentration (70~90%). fans, pumps (10~70%), piping. | |
| | 鉛... .. | (150°C 以下) absorption towers shell. (48~50°Bé には軟鉛のみ) pumps lining (70% 以下). | |
| | | pickling tanks と agitators lining. | |
| | | 硬鉛 fans と pumps (常温). | |
| | モネルメタル... .. | pumps と tubing (15% 以下 200°C 以下). pickling apparatus (6%). | |

| 溶 液 | 材料金属及び合金 | 使 用 場 所 | |
|----------------------------------|------------------|--|-------------------|
| Acid, sulphurous. (亞 硫 酸) | 水晶 | absorption tower packing. | |
| | 銅... .. | absorbers と tanks (90% より發煙). pumps と lifts (90%, 65°C以下). | |
| | 石器 | absorption tower packing, fans, pumps (各種濃度); pickling apparatus と pickling tanks (6%). | |
| | 木材 | pickling apparatus (6%) tanks (20% 以下). | |
| | Acid-brick... .. | digesters と absorption towers lining. | |
| | アルミニウム青銅 | relief gas lines (150°C 以上). pumps (濃厚溶液、100°C) piping liquor (各種濃度 100°C以下) SO ₂ gas piping (200°C以下). | |
| | 鑄鐵 | SO ₂ burner gas (200°C 以下). | |
| | 珪朧引せる鐵 | tanks (稀薄溶液 100°C 以下). | |
| | 硬鉛 | liquor piping (各種濃度 100°C 以下). SO ₂ gas piping (200°C 以下). pumps (各種濃度 100°C 以下). | |
| | 鉛... .. | tanks の lining (稀薄溶液 100°C 以下). liquor pipe と pipe lining (100°C 以下). SO ₂ gas piping (200°C 以下). absorption systems の shell (100°C 以下). | |
| | 銅... .. | digesters shell (各種濃度、各温度). rotary burner shells. absorption systems (各種溶液 100°C 以下). | |
| | 石器 | pumps (濃厚溶液 200°C 以下). liquor piping (各種濃度 50°C 以下). SO ₂ gas piping (200°C 以下). tanks に asphalt 塗布. (稀薄溶液 100°C 以下). | |
| | 木材 | 黄松, cypress | |
| | Alkaline brine | 鑄鐵、低炭素平爐鋼、鑄塊、銅、木材、セメントを塗布した木材 | (各種濃度、各温度). |
| | Alums. (明 礬) | 高珪素鐵 | pumps (各種濃度、各温度). |
| 鉛... .. | | pumps と tanks lining (20°Bé. 以上). | |
| Ammonia, anhydrous. (無水アンモニア) | 石器 | tanks (20°Bé. 以上) pumps (各種濃度、各温度). | |
| | 木材 | tanks (20°Bé. 以下). | |
| | モネルメタル | pumps と valves. | |

| 溶 液 | 材料金属及び合金 | 使 用 場 所 | |
|------------------------------------|--------------------------------|--|------------------------------|
| Ammonia, aqua. (アンモニア水) | 鑄鐵、銅 | (各種濃度、各温度). | |
| | Ammonia vapor アンモニア蒸氣 | アルミニウム、鉛 | (各種濃度、高温). |
| | Ammonium nitrate (硝酸アンモニウム) | Acid-brick... .. | reaction tube の lining. |
| | | 鑄鐵 | evaporating pans, coils. |
| Ammonium sulphate (硫酸アンモニウム) | 高珪素鐵 | reaction tubes の NH ₃ distributor. | |
| | 銅... .. | heater coils. | |
| | 木材 | mixing tank. | |
| | Acid-brick... .. | tanks lining (高温). | |
| | アルミニウム青銅 | ammonia saturators. | |
| Antimony trichloride (三鹽化アンチモン) | 高珪素鐵 | pipes と pumps (各種濃度). | |
| | 鉛... .. | tanks, absorber linings, pumps, pipes. | |
| | モネルメタル | filter cloth, ammonia saturators, extractor baskets. | |
| | 珪朧引せる鐵、鉛張りせる鐵、銅 | | |
| | 白銅、眞鍮、モネルメタル | centrifugal pumps. | |
| | 鐵... .. | centrifugal pumps | |
| | Bleach liquor (漂白液) | 鑄鐵 | piping, pumps. |
| | セメント | tanks, bleaching tanks. | |
| | 高珪素鐵 | pumps, pipes. | |
| | 鉛... .. | pipe lining. | |
| Benzene (ベンゼン) | モネルメタル | valves, tanks, linings と auxiliaries. (1 立に有用鹽素 3 瓦以下). | |
| | 鐵... .. | centrifugal 及び reciprocating pumps, valves. | |
| | Beer | 鑄青銅... .. | reciprocating pumps, valves. |
| Beet juice (肉 汁) | モネルメタル、青銅... .. | reciprocating pumps. (valves にモネル、青銅). | |
| | Brine (カルシウム) | デニリロン、モネルメタル | |
| Brine (ナトリウム) | 鐵、モネルメタル | reciprocating pumps. (valves に青銅、ゴム). | |
| | Blood (血) | 青銅、モネルメタル... .. | reciprocating pumps. |
| Calcium chloride (鹽化カルシウム) | アルミニウム | redmanol composition ball. (packing に青銅). | |
| | 鑄鐵 | evaporators, piping. | |
| | 銅... .. | evaporators, piping, tanks. | |
| Caustic alkalies (水酸化カルシウム) | 鑄鐵 (低珪素、2.5%Mn) | fusion pots (50~95% 250°C 以上). | |

| 溶 液 | 材料金属及び合金 | 使 用 場 所 |
|----------------------------|---|---|
| Chlorine gas (鹽素瓦斯) | | kettles と autoclaves (各種濃度、各温度). pumps piping (各種濃度、80°C 以下). valves (各種濃度、各温度). salt catches. |
| | 鑄鋼 | kettles と autoclaves. |
| | 鐵 (チャコール) | evaporator tubes. |
| | 銅... .. | filtrations. |
| | 綿... .. | filtrations. |
| | 高珪素鐵 | valves (graphite で lubricate す). |
| | 鑄塊鐵 (インゴット) | evaporator tubes. |
| | モネルメタル | filter cloth, pumps, evaporator tubes, auto-clave linings, salt catches. |
| | ニッケル | evaporator tubes. |
| | 鋼... .. | evaporators, pumps と piping (各種濃度、100°C 以下). |
| | | tanks (各種濃度、各温度). |
| | 鑄鐵 | piping (乾燥瓦斯、100°C 位) fans (濕瓦斯 1% 濃度、常温) chlorinators. |
| | 陶器管... .. | piping (濕瓦斯 100°C より少し上). |
| | 珐瑯引せる鐵 | chlorinators. |
| | 熔融シリカ... .. | piping (濕瓦斯 100°C より少し上). |
| 硝子 | chlorinators. | |
| 硬ゴム... .. | 壓力が毎平方時に 10 lbs 以下 (常温). | |
| 高珪素鐵 | piping (乾燥瓦斯 100°C 以下) chlorinators. | |
| 鉛... .. | pipe lining (濕瓦斯 100°C 以下) chlorinators. | |
| モネルメタル | valves (乾燥及び液化瓦斯). | |
| 銀... .. | reducing valves. | |
| 銅... .. | piping (乾燥瓦斯 100°C) chlorinators, high pressure cylinder. | |
| ステライト... .. | valves. | |
| 石器 | piping (乾燥瓦斯、常温). | |
| Chlorine solution (鹽素水) | 鑄鐵 | pumps と piping (70°C 以下). |
| | 珐瑯引せる鐵 | pumps と piping (破壊の恐あり). |
| | 硬ゴム... .. | pumps と piping, valves (常温). |
| | 高珪素鐵 | pipe, pumps. |
| | ステライト... .. | valves. |
| | 石器 | pumps と piping, valves, tanks, jars. |

| 溶 液 | 材料金属及び合金 | 使 用 場 所 |
|-----------------------------------|--------------------------------|--|
| Cane juice (砂糖汁) | 青銅、真鍮... .. 鐵、モネルメタル | valves. pumps. |
| Chloride of zinc (鹽化亜鉛) | 鐵、モネルメタル | centrifugal pumps. |
| Citric acid (枸橼酸) | 青銅、モネルメタル、アルミニウム、硬鉛、硬ゴム | centrifugal pumps. |
| Copper sulphate (硫酸銅) | 青銅、モネルメタル... .. | centrifugal pumps. |
| Carbon tetra-chloride (四鹽化炭素) | チニロン... .. | reciprocating pumps. |
| Jool tal oil (コールター油) | 鐵... .. | valves. |
| Creosote oil (クレオソート油) | 鐵... .. | reciprocating pumps, valves, packing ring. |
| Cyanide liquors (沃化物溶液) | チニロン... .. | reciprocating pumps, (但し永久に抵抗性のあるものはない). |
| Distilling slop | 鐵... .. | valves. |
| | 青銅、モネルメタル... .. | reciprocating pumps, valves. |
| | 鑄鐵 | evaporators shell. |
| | 銅... .. | evaporators tubes. |
| Ethyl acetate (酢酸エチル) | 鉛及び亜鉛を含有しない青銅 | centrifugal pumps. |
| Ethyl chloride (鹽化エチル) | 同上 | centrifugal pumps. |
| Ethyl iodide (沃化エチル) | 硬鉛 | centrifugal pumps. |
| Ethyl phthalate | 鉛、亜鉛を含有しない青銅 | centrifugal pumps. |
| Ethyl sulphate (硫酸エチル) | 硬鉛 | centrifugal pumps. |
| Ferrous chloride (鹽化第一鐵) | 硬ゴム、チニロン、鐵... .. | pumps, valves. |
| Ferrous sulphate (硫酸第一鐵) | 鐵... .. | centrifugal pumps. |
| Ferric chloride (hot) | 石器、石棉... .. | pumps, valves. |
| Ferric chloride (cold) (鹽化第二鐵) | チニロン、鐵... .. | reciprocating pumps. |
| Fruit juices (果實汁) | 鑄鐵 | evaporators shell. |
| | 銅、モネルメタル | evaporators tubes. |
| | アルミニウム | kettles, evaporators. |
| | 珐瑯引せる鐵 | evaporators, tanks, pipes. |
| | 硝子 | piping (各種濃度). |

| 溶 液 | 材料金属及び合金 | 使 用 場 所 |
|----------------------------------|------------------|-------------------------------------|
| | 硬ゴム... .. | pumps, piping (常温). |
| | モネルメタル... .. | evaporators, tanks, pipes. |
| | 銀鍍金せる銅... .. | evaporators, tanks, pipes. |
| | 錫鍍金せる銅... .. | evaporators, tanks, pipes. |
| | 木材... .. | tanks. |
| Gasoline | 鐵、青銅... .. | pumps, valves. |
| Glycerine pure | 青銅、モネルメタル... .. | pumps. |
| Glycerine liquors | アルミニウム、モネルメタル、青銅 | pumps. |
| Glue (hot) (膠) | 青銅、アルミニウム... .. | pumps. |
| | 鑄鐵... .. | evaporators shell. |
| | 銅、眞鍮... .. | evaporators tubes. |
| | 鑄鐵... .. | evaporators shell. |
| Gelatine | 銅、眞鍮、モネルメタル、ニッケル | evaporators tubes. |
| Greases (hot) | 青銅... .. | reciprocating pumps. |
| Linseed oil | 青銅... .. | reciprocating pumps. |
| | 鐵... .. | centrifugal pumps. |
| Lye, caustic | 鐵... .. | pumps, valves packing. |
| Magnesium chloride | 硬鉛... .. | centrifugal pumps. |
| " (hot) (鹽化マグネシウム) | デュリロン、鐵... .. | reciprocating pumps, valves. |
| Milk | 青銅、モネルメタル... .. | pumps, evaporators の shell と tubes. |
| | 珪瑯引せる鐵 | |
| Molasses | 青銅、モネルメタル... .. | pumps, valves. |
| Malt syrup | 鑄鐵... .. | evaporators shell と tubes. |
| Nickel salts solution (ニッケル鹽の溶液) | 純銅... .. | centrifugal pumps. |
| Naphtha (solvent) | 青銅... .. | reciprocating pumps. |
| Oil, vegetable (植物性油) | 鐵... .. | centrifugal pumps. |
| | 青銅... .. | reciprocating pumps. |
| Phenol | 珪瑯引せる鐵... .. | tanks, receivers. |
| | 銀... .. | still lining, condensers. |
| Petroleum (石油) | 鐵... .. | pumps, valves. |
| | デュリロン... .. | (濃度大なる場合) |
| Potassium nitrate (硝酸カリウム) | 鐵... .. | centrifugal pumps. |
| | デュリロン... .. | (濃度大なる場合). |
| Pulp (containing acid) | 構青銅... .. | reciprocating pumps, valves. |

| 溶 液 | 材料金属及び合金 | 使 用 場 所 |
|-----------------------------------|--|--|
| Rosin, (melted) | 鐵、デュリロン... .. | reciprocating pumps. |
| Soda pulp, black liquor | 鑄鐵... .. | evaporators と pumps (各種濃度各温度). |
| | モネルメタル... .. | evaporator tubes. |
| | 銅... .. | tanks と evaporators (各種濃度、各温度). |
| | 鍊鐵... .. | evaporators. |
| Sodium carbonate (炭酸曹達) | 鑄鐵、銅、木材... .. | (稀薄溶液). |
| Sodium chloride (食鹽) | admiralty brass (70%Cu 29%Zn 1%Sn)... | sea water condenser tubes. |
| | 青銅... .. | pumps. |
| | 鑄鐵... .. | pumps, pipings (各種濃度、各温度). |
| | セメント... .. | tanks. |
| | 銅... .. | heaters 又は evaporators の tubes. |
| | 珪瑯引せる鐵... .. | tanks, pipings. |
| | モネルメタル... .. | pumps, tubing, filter cloth. |
| | Naval bronze (88%Cu 10%Sn 2%Zn 83% " 13.5% " 3.5% Pb 87% " 8% " 2.5% Zn 95% " 4.5% " 0.5% P) | pumps, piping. |
| | 銅... .. | pipings. |
| | 木材... .. | tanks. |
| | 鍊鐵... .. | pipings. |
| Sodium hydrosulphite (亞硫酸水素ナトリウム) | 鉛... .. | absorber と tank lining. |
| Sodium hypochlorite | コンクリート soapstone 石器、木材 | pipings (20% 濃度、25°C 以下). |
| | 硬鉛 | |
| Sodium hyposulphite (ハイポ) | 鉛張せるものモネルメタルニッケル石器 | (20% 濃度、25°C 以下). |
| Sodium sulphide (硫化ナトリウム) | Acid-brick | furnace. |
| | 鉛... .. | tank lining, piping (5~25~25%濃度、100°C 以下). |
| | 銅... .. | tanks, piping, cooling pans (濃度溶液). |
| | 石器... .. | tanks, piping. |
| Sulphite pulp liquor | 鑄鐵... .. | evaporators, pumps. |
| | 特種鋼... .. | evaporators. |
| | 木材... .. | tanks. |
| Sulphonations (硫黄を入れる操作) | 鑄鐵、珪瑯引せる鐵、鉛 | |

| 溶 液 | 材料金属及び合金 | 使 用 場 所 |
|-------------------------------|----------------------|------------------------------|
| Sulphur chloride (鹽化硫黄) | 硝子、鉛 | |
| Sugar (砂 糖) | 鋳鐵、鐵、鋼 | evaporators shell. |
| | 鋳鐵、鋼 | evaporators tubes. |
| Sewage | 青銅 | reciprocating pumps. |
| Syrups | 青銅 | reciprocating pumps. |
| Soap (石 鹼) | 鐵... .. | reciprocating pumps, valves. |
| Tar (タール) | 鐵... .. | pumps, valves. |
| Tannic acid (タンニン) | 青銅、眞鍮... .. | pumps, valves. |
| Tanning extracts | 青銅、眞鍮、モネルメタル | pumps, valves. |
| Tin tetra-chloride (四鹽化錫) | デュリロン、硬ゴム... .. | pumps. |
| Tolmol (トルエン) | 青銅 | reciprocating pumps. |
| Turpentine | 鐵... .. | reciprocating pumps. |
| Vinegar (酢) | 硬ゴム アルミニウム | pumps. |
| | モネルメタル 錫鍍金せる鐵 | |
| Mine water acidulous water | 鉛 青銅 モネルメタル | pumps, valves. |
| Tar, ammonia を含有 する water | 鐵... .. | pumps, valves. |
| Wine | 青銅 | reciprocating pumps, valves. |
| Yeast | 眞鍮 | reciprocating pumps, valves. |

(附録I 常輝鋼の表参照)

各種溶液の濃度と比重との関係

水よりも重い溶液のポイメ度数と比重との関係
 次表は次式より計算し U. S. Bureau of Standards に於て採用せるもの。

$$\text{Degrees Baumé} = 145 - \frac{145}{\text{*Specific Gravity } \frac{60^\circ}{60^\circ \text{F.}}}$$

| ポイメ (Baumé) | 比 重 (Specific Gravity) | Lbs. per Gallon | ポイメ (Baumé) | 比 重 (Specific Gravity) | Lbs. per Gallon | ポイメ (Baumé) | 比 重 (Specific Gravity) | Lbs. per Gallon |
|----------------|------------------------------|--------------------|----------------|------------------------------|--------------------|----------------|------------------------------|--------------------|
| 0 | 1.0000 | 8.33 | 26 | 1.2185 | 10.16 | 52 | 1.5591 | 12.99 |
| 1 | 1.0069 | 8.38 | 27 | 1.2288 | 10.24 | 53 | 1.5761 | 13.13 |
| 2 | 1.0140 | 8.46 | 28 | 1.2393 | 10.32 | 54 | 1.5934 | 13.27 |
| 3 | 1.0211 | 8.51 | 29 | 1.2500 | 10.41 | 55 | 1.6111 | 13.42 |
| 4 | 1.0284 | 8.56 | 30 | 1.2609 | 10.51 | 56 | 1.6292 | 13.57 |
| 5 | 1.0357 | 8.63 | 31 | 1.2719 | 10.59 | 57 | 1.6477 | 13.72 |
| 6 | 1.0432 | 8.69 | 32 | 1.2832 | 10.69 | 58 | 1.6667 | 13.87 |
| 7 | 1.0507 | 8.75 | 33 | 1.2946 | 10.78 | 59 | 1.6860 | 14.04 |
| 8 | 1.0584 | 8.81 | 34 | 1.3063 | 10.84 | 60 | 1.7059 | 14.21 |
| 9 | 1.0662 | 8.88 | 35 | 1.3182 | 10.98 | 61 | 1.7262 | 14.38 |
| 10 | 1.0741 | 8.94 | 36 | 1.3303 | 11.09 | 62 | 1.7470 | 14.55 |
| 11 | 1.0821 | 9.01 | 37 | 1.3426 | 11.18 | 63 | 1.7683 | 14.72 |
| 12 | 1.0902 | 9.09 | 38 | 1.3551 | 11.29 | 64 | 1.7901 | 14.91 |
| 13 | 1.0985 | 9.15 | 39 | 1.3679 | 11.39 | 65 | 1.8125 | 15.10 |
| 14 | 1.1069 | 9.21 | 40 | 1.3810 | 11.51 | 66 | 1.8354 | 15.29 |
| 15 | 1.1154 | 9.29 | 41 | 1.3942 | 11.61 | 67 | 1.8590 | 15.48 |
| 16 | 1.1240 | 9.36 | 42 | 1.4078 | 11.72 | 68 | 1.8831 | 15.68 |
| 17 | 1.1328 | 9.43 | 43 | 1.4216 | 11.84 | 69 | 1.9079 | 15.89 |
| 18 | 1.1417 | 9.51 | 44 | 1.4356 | 11.96 | 70 | 1.9333 | 16.10 |
| 19 | 1.1508 | 9.59 | 45 | 1.4500 | 12.08 | 71 | 1.9595 | 16.32 |
| 20 | 1.1600 | 9.67 | 46 | 1.4646 | 12.21 | 72 | 1.9864 | 16.55 |
| 21 | 1.1694 | 9.74 | 47 | 1.4796 | 12.33 | 73 | 2.0139 | 16.78 |
| 22 | 1.1789 | 9.81 | 48 | 1.4943 | 12.46 | 74 | 2.0423 | 17.01 |
| 23 | 1.1885 | 9.90 | 49 | 1.5104 | 12.58 | 75 | 2.0714 | 17.25 |
| 24 | 1.1983 | 9.99 | 50 | 1.5263 | 12.72 | | | |
| 25 | 1.2083 | 10.07 | 51 | 1.5426 | 12.85 | | | |

*60F の蒸溜水を標準として 60°F に於ける溶液の比重として表はしたものである。但し 60°F=15.5°C, 1Gallon(米)=3.8 立, 1Lbs.=0.45 斤

水よりも軽い溶液のポイメ度数と比重との関係

次表は次式より計算し U. S. Bureau of Standards に於て採用せるもの。

$$\text{Degrees Baumé} = \frac{140}{\text{Specific Gravity}_{60^{\circ}\text{F.}}} - 130$$

| ポイメ (Baumé) | 比重 (Specific Gravity) | Lbs. per Gallon | ポイメ (Baumé) | 比重 (Specific Gravity) | Lbs. per Gallon | ポイメ (Baumé) | 比重 (Specific Gravity) | Lbs. per Gallon |
|-------------|-----------------------|-----------------|-------------|-----------------------|-----------------|-------------|-----------------------|-----------------|
| 10 | 1.0000 | 8.33 | 44 | 0.8046 | 6.66 | 78 | 0.6731 | 5.60 |
| 11 | 0.9929 | 8.27 | 45 | 0.8000 | 6.66 | 79 | 0.6699 | 5.58 |
| 12 | 0.9859 | 8.21 | 46 | 0.7955 | 6.63 | 80 | 0.6667 | 5.55 |
| 13 | 0.9790 | 8.16 | 47 | 0.7910 | 6.59 | 81 | 0.6635 | 5.52 |
| 14 | 0.9722 | 8.10 | 48 | 0.7865 | 6.55 | 82 | 0.6604 | 5.50 |
| 15 | 0.9655 | 8.04 | 49 | 0.7821 | 6.52 | 83 | 0.6573 | 5.48 |
| 16 | 0.9589 | 7.99 | 50 | 0.7778 | 6.48 | 84 | 0.6542 | 5.45 |
| 17 | 0.9524 | 7.93 | 51 | 0.7735 | 6.44 | 85 | 0.6512 | 5.42 |
| 18 | 0.9459 | 7.88 | 52 | 0.7692 | 6.41 | 86 | 0.6481 | 5.40 |
| 19 | 0.9396 | 7.83 | 53 | 0.7650 | 6.37 | 87 | 0.6452 | 5.38 |
| 20 | 0.9333 | 7.78 | 54 | 0.7609 | 6.34 | 88 | 0.6422 | 5.36 |
| 21 | 0.9272 | 7.72 | 55 | 0.7568 | 6.30 | 89 | 0.6393 | 5.33 |
| 22 | 0.9211 | 7.67 | 56 | 0.7527 | 6.27 | 90 | 0.6364 | 5.30 |
| 23 | 0.9150 | 7.62 | 57 | 0.7487 | 6.24 | 91 | 0.6335 | 5.28 |
| 24 | 0.9091 | 7.57 | 58 | 0.7447 | 6.20 | 92 | 0.6306 | 5.25 |
| 25 | 0.9032 | 7.53 | 59 | 0.7407 | 6.17 | 93 | 0.6278 | 5.23 |
| 26 | 0.8974 | 7.48 | 60 | 0.7368 | 6.14 | 94 | 0.6250 | 5.21 |
| 27 | 0.8917 | 7.43 | 61 | 0.7330 | 6.11 | 95 | 0.6222 | 5.18 |
| 28 | 0.8861 | 7.38 | 62 | 0.7292 | 6.07 | 96 | 0.6195 | 5.16 |
| 29 | 0.8805 | 7.34 | 63 | 0.7254 | 6.04 | 97 | 0.6167 | 5.14 |
| 30 | 0.8750 | 7.29 | 64 | 0.7216 | 6.01 | 98 | 0.6140 | 5.11 |
| 31 | 0.8696 | 7.24 | 65 | 0.7179 | 5.98 | 99 | 0.6114 | 5.09 |
| 32 | 0.8642 | 7.20 | 66 | 0.7143 | 5.95 | 100 | 0.6087 | 5.07 |
| 33 | 0.8589 | 7.15 | 67 | 0.7107 | 5.92 | 101 | 0.6061 | 5.05 |
| 34 | 0.8537 | 7.11 | 68 | 0.7071 | 5.89 | 102 | 0.6034 | 5.03 |
| 35 | 0.8485 | 7.07 | 69 | 0.7035 | 5.86 | 103 | 0.6009 | 5.00 |
| 36 | 0.8434 | 7.03 | 70 | 0.7000 | 5.83 | 104 | 0.5983 | 4.98 |
| 37 | 0.8383 | 6.98 | 71 | 0.6965 | 5.80 | 105 | 0.5957 | 4.96 |
| 38 | 0.8333 | 6.94 | 72 | 0.6931 | 5.78 | 106 | 0.5932 | 4.94 |
| 39 | 0.8284 | 6.90 | 73 | 0.6897 | 5.75 | 107 | 0.5907 | 4.92 |
| 40 | 0.8235 | 6.86 | 74 | 0.6863 | 5.72 | 108 | 0.5882 | 4.90 |
| 41 | 0.8187 | 6.82 | 75 | 0.6829 | 5.69 | 109 | 0.5858 | 4.88 |
| 42 | 0.8140 | 6.78 | 76 | 0.6796 | 5.66 | 110 | 0.5833 | 4.86 |
| 43 | 0.8092 | 6.74 | 77 | 0.6763 | 5.63 | | | |

*前表と同じ。

硫 酸

(W. C. Ferguson and H. P. Talbot)

| ポイメ | 比重 $\frac{60^{\circ}\text{F.}}{60^{\circ}\text{F.}}$ | % H ₂ SO ₄ | ポイメ | 比重 $\frac{60^{\circ}\text{F.}}{60^{\circ}\text{F.}}$ | % H ₂ SO ₄ |
|-----|--|----------------------------------|-----|--|----------------------------------|
| 0 | 1.0000 | 0.00 | 37 | 1.3426 | 43.99 |
| 1 | 1.0069 | 1.02 | 38 | 1.3551 | 45.35 |
| 2 | 1.0140 | 2.08 | 39 | 1.3679 | 46.72 |
| 3 | 1.0211 | 3.13 | 40 | 1.3810 | 48.10 |
| 4 | 1.0284 | 4.21 | 41 | 1.3942 | 49.47 |
| 5 | 1.0357 | 5.28 | 42 | 1.4078 | 50.87 |
| 6 | 1.0432 | 6.37 | 43 | 1.4216 | 52.26 |
| 7 | 1.0507 | 7.45 | 44 | 1.4356 | 53.66 |
| 8 | 1.0584 | 8.55 | 45 | 1.4500 | 55.07 |
| 9 | 1.0662 | 9.66 | 46 | 1.4646 | 56.48 |
| 10 | 1.0741 | 10.77 | 47 | 1.4796 | 57.90 |
| 11 | 1.0821 | 11.89 | 48 | 1.4948 | 59.32 |
| 12 | 1.0902 | 13.01 | 49 | 1.5104 | 60.75 |
| 13 | 1.0985 | 14.13 | 50 | 1.5263 | 62.18 |
| 14 | 1.1069 | 15.25 | 51 | 1.5422 | 63.36 |
| 15 | 1.1154 | 16.38 | 52 | 1.5591 | 65.61 |
| 16 | 1.1240 | 17.53 | 53 | 1.5761 | 66.63 |
| 17 | 1.1328 | 18.71 | 54 | 1.5934 | 68.13 |
| 18 | 1.1417 | 19.89 | 55 | 1.6111 | 69.65 |
| 19 | 1.1508 | 21.07 | 56 | 1.6292 | 71.17 |
| 20 | 1.1600 | 22.25 | 57 | 1.6477 | 72.75 |
| 21 | 1.1694 | 23.43 | 58 | 1.6667 | 74.36 |
| 22 | 1.1789 | 24.61 | 59 | 1.6860 | 75.99 |
| 23 | 1.1885 | 25.81 | 60 | 1.7059 | 77.67 |
| 24 | 1.1983 | 27.03 | 61 | 1.7262 | 79.43 |
| 25 | 1.2083 | 28.28 | 62 | 1.7470 | 81.30 |
| 26 | 1.2185 | 29.53 | 63 | 1.7683 | 83.34 |
| 27 | 1.2288 | 30.79 | 64 | 1.7901 | 85.86 |
| 28 | 1.2393 | 32.05 | 64½ | 1.7957 | 86.33 |
| 29 | 1.2500 | 33.33 | 64¾ | 1.8012 | 87.04 |
| 30 | 1.2609 | 34.63 | 65 | 1.8068 | 87.81 |
| 31 | 1.2719 | 35.93 | 65 | 1.8125 | 88.65 |
| 32 | 1.2832 | 37.26 | 65½ | 1.8182 | 89.55 |
| 33 | 1.2946 | 38.58 | 65¾ | 1.8239 | 90.60 |
| 34 | 1.3063 | 39.92 | 66 | 1.8297 | 91.80 |
| 35 | 1.3182 | 41.27 | | 1.8354 | 93.19 |
| 36 | 1.3303 | 42.63 | | | |

1°F. に対して 10° Bé. では .029° Bé. 又は .00023 Sp. Gr. の補正.
 1°F. に対して 20° Bé. では .036° Bé. 又は .00034 Sp. Gr. の補正.
 1°F. に対して 30° Bé. では .035° Bé. 又は .00039 Sp. Gr. の補正.
 1°F. に対して 40° Bé. では .031° Bé. 又は .00041 Sp. Gr. の補正.
 1°F. に対して 50° Bé. では .028° Bé. 又は .00045 Sp. Gr. の補正.
 1°F. に対して 60° Bé. では .026° Bé. 又は .00053 Sp. Gr. の補正.
 1°F. に対して 63° Bé. では .026° Bé. 又は .00057 Sp. Gr. の補正.
 1°F. に対して 66° Bé. では .0235° Bé. 又は .00054 Sp. Gr. の補正.

60°F. 以上に於ては上記の補正を實測値に加へ、60°F. 以下に於ては之を引く

發煙硫酸

| 實成分 | 當量 | | | | | |
|-----|------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|
| | Free SO ₃ % | H ₂ SO ₄ % | Total SO ₃ | 100% H ₂ SO ₄ | 98% H ₂ SO ₄ | 93.19% H ₂ SO ₄ 60° Be. |
| 0 | 100 | | 81.63 | 100.00 | 102.04 | 107.31 |
| 1 | 99 | | 81.62 | 100.23 | 102.27 | 107.55 |
| 2 | 98 | | 82.00 | 100.45 | 102.50 | 107.79 |
| 3 | 97 | | 82.18 | 100.67 | 102.73 | 108.03 |
| 4 | 96 | | 82.37 | 100.90 | 102.96 | 108.28 |
| 5 | 95 | | 82.55 | 101.13 | 103.19 | 108.52 |
| 6 | 94 | | 82.73 | 101.35 | 103.42 | 108.76 |
| 7 | 93 | | 82.92 | 101.58 | 103.65 | 109.00 |
| 8 | 92 | | 83.10 | 101.80 | 103.88 | 109.24 |
| 9 | 91 | | 83.29 | 102.03 | 104.11 | 109.48 |
| 10 | 90 | | 83.47 | 102.25 | 104.34 | 109.72 |
| 11 | 89 | | 83.65 | 102.47 | 104.57 | 109.96 |
| 12 | 88 | | 83.84 | 102.70 | 104.80 | 110.21 |
| 13 | 87 | | 84.02 | 102.92 | 105.03 | 110.45 |
| 14 | 86 | | 84.20 | 103.15 | 105.26 | 110.69 |
| 15 | 85 | | 84.39 | 103.38 | 105.49 | 110.93 |
| 16 | 84 | | 84.57 | 103.60 | 105.71 | 111.17 |
| 17 | 83 | | 84.75 | 103.82 | 105.94 | 111.41 |
| 18 | 82 | | 84.94 | 104.05 | 106.17 | 111.65 |
| 19 | 81 | | 85.12 | 104.27 | 106.40 | 111.90 |
| 20 | 80 | | 85.31 | 104.50 | 106.63 | 112.14 |
| 21 | 79 | | 85.49 | 104.73 | 106.86 | 112.38 |
| 22 | 78 | | 85.67 | 104.95 | 107.09 | 112.62 |
| 23 | 77 | | 85.86 | 105.18 | 107.32 | 112.86 |
| 24 | 76 | | 86.04 | 105.40 | 107.55 | 113.10 |
| 25 | 75 | | 86.22 | 105.62 | 107.78 | 113.34 |
| 26 | 74 | | 86.41 | 105.85 | 108.01 | 113.59 |
| 27 | 73 | | 86.59 | 106.07 | 108.24 | 113.83 |
| 28 | 72 | | 86.78 | 106.30 | 108.47 | 114.07 |
| 29 | 71 | | 86.96 | 106.53 | 108.70 | 114.31 |
| 30 | 70 | | 87.14 | 106.75 | 108.93 | 114.55 |
| 31 | 69 | | 87.33 | 106.98 | 109.16 | 114.79 |
| 32 | 68 | | 87.51 | 107.20 | 109.39 | 115.03 |
| 33 | 67 | | 87.69 | 107.42 | 109.62 | 115.28 |
| 34 | 66 | | 87.88 | 107.65 | 109.85 | 115.52 |
| 35 | 65 | | 88.06 | 107.87 | 110.08 | 115.76 |
| 36 | 64 | | 88.24 | 108.10 | 110.31 | 116.00 |
| 37 | 63 | | 88.43 | 108.33 | 110.54 | 116.24 |
| 38 | 62 | | 88.61 | 108.55 | 110.76 | 116.48 |
| 39 | 61 | | 88.80 | 108.78 | 110.99 | 116.73 |
| 40 | 60 | | 88.98 | 109.00 | 111.22 | 116.97 |
| 41 | 59 | | 89.16 | 109.22 | 111.45 | 117.21 |
| 42 | 58 | | 89.35 | 109.45 | 111.68 | 117.45 |
| 43 | 57 | | 89.53 | 109.67 | 111.91 | 117.69 |
| 44 | 55 | | 89.71 | 109.90 | 112.14 | 117.93 |
| 45 | 55 | | 89.90 | 110.13 | 112.37 | 118.17 |
| 46 | 54 | | 90.08 | 110.35 | 112.60 | 118.41 |
| 47 | 53 | | 90.27 | 110.58 | 112.83 | 118.66 |
| 48 | 52 | | 90.45 | 110.80 | 113.06 | 118.90 |
| 49 | 51 | | 90.63 | 111.02 | 113.29 | 119.14 |

發煙硫酸 (つゞき)

| 實成分 | 當量 | | | | | |
|-----|------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|
| | Free SO ₃ % | H ₂ SO ₄ % | Total SO ₃ | 100% H ₂ SO ₄ | 98% H ₂ SO ₄ | 93.19% H ₂ SO ₄ 60° Be. |
| 50 | 50 | | 90.82 | 111.25 | 113.52 | 119.38 |
| 51 | 49 | | 91.00 | 111.48 | 113.75 | 119.62 |
| 52 | 48 | | 91.18 | 111.70 | 113.98 | 119.86 |
| 53 | 47 | | 91.37 | 111.93 | 114.21 | 120.11 |
| 54 | 46 | | 91.55 | 112.15 | 114.44 | 120.35 |
| 55 | 45 | | 91.73 | 112.37 | 114.67 | 120.59 |
| 56 | 44 | | 91.92 | 112.60 | 114.90 | 120.83 |
| 57 | 43 | | 92.10 | 112.83 | 115.13 | 121.07 |
| 58 | 42 | | 92.29 | 113.05 | 115.36 | 121.31 |
| 59 | 41 | | 92.47 | 113.28 | 115.59 | 121.55 |
| 60 | 40 | | 92.65 | 113.50 | 115.82 | 121.79 |
| 61 | 39 | | 92.84 | 113.73 | 116.05 | 122.04 |
| 62 | 38 | | 93.02 | 113.95 | 116.28 | 122.28 |
| 63 | 37 | | 93.20 | 114.17 | 116.51 | 122.52 |
| 64 | 36 | | 93.39 | 114.40 | 116.74 | 122.76 |
| 65 | 35 | | 93.57 | 114.62 | 116.96 | 123.00 |
| 66 | 34 | | 93.76 | 114.85 | 117.19 | 123.24 |
| 67 | 33 | | 93.94 | 115.08 | 117.42 | 123.49 |
| 68 | 32 | | 94.12 | 115.30 | 117.65 | 123.73 |
| 69 | 31 | | 94.31 | 115.53 | 117.88 | 123.97 |
| 70 | 30 | | 94.49 | 115.75 | 118.11 | 124.21 |
| 71 | 29 | | 94.67 | 115.97 | 118.34 | 124.45 |
| 72 | 28 | | 94.86 | 116.20 | 118.57 | 124.69 |
| 73 | 27 | | 95.04 | 116.42 | 118.80 | 124.93 |
| 74 | 26 | | 95.22 | 116.65 | 119.03 | 125.18 |
| 75 | 25 | | 95.41 | 116.88 | 119.26 | 125.42 |
| 76 | 24 | | 95.59 | 117.10 | 119.49 | 125.66 |
| 77 | 23 | | 95.78 | 117.33 | 119.72 | 125.90 |
| 78 | 22 | | 95.96 | 117.55 | 119.95 | 126.14 |
| 79 | 21 | | 96.14 | 117.77 | 120.18 | 126.38 |
| 80 | 20 | | 96.33 | 118.00 | 120.41 | 126.62 |
| 81 | 19 | | 96.51 | 118.22 | 120.64 | 126.86 |
| 82 | 18 | | 96.69 | 118.45 | 120.87 | 127.11 |
| 83 | 17 | | 96.88 | 118.68 | 121.10 | 127.35 |
| 84 | 16 | | 97.06 | 118.90 | 121.33 | 127.59 |
| 85 | 15 | | 97.24 | 119.13 | 121.56 | 127.83 |
| 86 | 14 | | 97.41 | 119.35 | 121.79 | 128.07 |
| 87 | 13 | | 97.59 | 119.57 | 122.02 | 128.31 |
| 88 | 12 | | 97.78 | 119.80 | 122.25 | 128.56 |
| 89 | 11 | | 97.96 | 120.03 | 122.48 | 128.80 |
| 90 | 10 | | 98.16 | 120.25 | 122.70 | 129.04 |
| 91 | 9 | | 98.35 | 120.48 | 122.93 | 129.28 |
| 92 | 8 | | 98.53 | 120.70 | 123.16 | 129.52 |
| 93 | 7 | | 98.71 | 120.92 | 123.36 | 129.76 |
| 94 | 6 | | 98.90 | 121.15 | 123.62 | 130.00 |
| 95 | 5 | | 99.08 | 121.37 | 123.85 | 130.25 |
| 96 | 4 | | 99.27 | 121.60 | 124.08 | 130.49 |
| 97 | 3 | | 99.45 | 121.83 | 124.31 | 130.73 |
| 98 | 2 | | 99.63 | 122.05 | 124.54 | 130.97 |
| 99 | 1 | | 99.82 | 122.28 | 124.77 | 131.21 |
| 100 | 0 | | 100.00 | 122.50 | 125.00 | 131.45 |

硝 酸

(W. C. Ferguson)

| ボイメ | 比重 $\frac{60^\circ\text{F.}}{60^\circ\text{F.}}$ | %HNO ₃ | ボイメ | 比重 $\frac{60^\circ\text{F.}}{60^\circ\text{F.}}$ | %HNO ₃ |
|-------|--|-------------------|-------|--|-------------------|
| 10.00 | 1.0741 | 12.86 | 34.00 | 1.3063 | 48.42 |
| 10.50 | 1.0781 | 13.49 | 34.50 | 1.3122 | 49.35 |
| 11.00 | 1.0821 | 14.13 | 35.00 | 1.3182 | 50.32 |
| 11.50 | 1.0861 | 14.76 | 35.50 | 1.3242 | 51.30 |
| 12.00 | 1.0902 | 15.41 | 36.00 | 1.3303 | 52.30 |
| 12.50 | 1.0943 | 16.05 | 36.50 | 1.3364 | 53.32 |
| 13.00 | 1.0985 | 16.72 | 37.00 | 1.3426 | 54.36 |
| 13.50 | 1.1027 | 17.38 | 37.50 | 1.3488 | 55.43 |
| 14.00 | 1.1069 | 18.04 | 38.00 | 1.3551 | 56.52 |
| 14.50 | 1.1111 | 18.70 | 38.50 | 1.3615 | 57.65 |
| 15.00 | 1.1154 | 19.36 | 39.00 | 1.3679 | 58.82 |
| 15.50 | 1.1197 | 20.02 | 39.50 | 1.3744 | 60.06 |
| 16.00 | 1.1240 | 20.69 | 40.00 | 1.3810 | 61.38 |
| 16.50 | 1.1284 | 21.36 | 40.25 | 1.3843 | 62.07 |
| 17.00 | 1.1328 | 22.04 | 40.50 | 1.3876 | 62.77 |
| 17.50 | 1.1373 | 22.74 | 40.75 | 1.3909 | 63.48 |
| 18.00 | 1.1417 | 23.42 | 41.00 | 1.3942 | 64.20 |
| 18.50 | 1.1462 | 24.11 | 41.25 | 1.3976 | 64.93 |
| 19.00 | 1.1508 | 24.82 | 41.50 | 1.4010 | 65.67 |
| 19.50 | 1.1554 | 25.53 | 41.75 | 1.4044 | 66.42 |
| 20.00 | 1.1600 | 26.24 | 42.00 | 1.4078 | 67.18 |
| 20.50 | 1.1647 | 26.96 | 42.25 | 1.4112 | 67.95 |
| 21.00 | 1.1694 | 27.67 | 42.50 | 1.4146 | 68.73 |
| 21.50 | 1.1741 | 28.36 | 42.75 | 1.4181 | 69.52 |
| 22.00 | 1.1789 | 29.07 | 43.00 | 1.4216 | 70.33 |
| 22.50 | 1.1837 | 29.78 | 43.25 | 1.4251 | 71.15 |
| 23.00 | 1.1885 | 30.49 | 43.50 | 1.4286 | 71.98 |
| 23.50 | 1.1934 | 31.21 | 43.75 | 1.4321 | 72.82 |
| 24.00 | 1.1983 | 31.94 | 44.00 | 1.4356 | 73.67 |
| 24.50 | 1.2033 | 32.68 | 44.25 | 1.4392 | 74.53 |
| 25.00 | 1.2083 | 33.42 | 44.50 | 1.4428 | 75.40 |
| 25.50 | 1.2134 | 34.17 | 44.75 | 1.4464 | 76.28 |
| 26.00 | 1.2185 | 34.94 | 45.00 | 1.4500 | 77.17 |
| 26.50 | 1.2236 | 35.70 | 45.25 | 1.4536 | 78.07 |
| 27.00 | 1.2288 | 36.48 | 45.50 | 1.4573 | 79.03 |
| 27.50 | 1.2340 | 37.26 | 45.75 | 1.4610 | 80.04 |
| 28.00 | 1.2393 | 38.06 | 46.00 | 1.4646 | 81.08 |
| 28.50 | 1.2446 | 38.85 | 46.25 | 1.4684 | 82.18 |
| 29.00 | 1.2500 | 39.66 | 46.50 | 1.4721 | 83.33 |
| 29.50 | 1.2554 | 40.47 | 46.75 | 1.4758 | 84.48 |
| 30.00 | 1.2609 | 41.30 | 47.00 | 1.4796 | 85.70 |
| 30.50 | 1.2664 | 42.14 | 47.25 | 1.4834 | 86.98 |
| 31.00 | 1.2719 | 43.00 | 47.50 | 1.4872 | 88.32 |
| 31.50 | 1.2775 | 43.89 | 47.75 | 1.4910 | 89.76 |
| 32.00 | 1.2832 | 44.78 | 48.00 | 1.4948 | 91.35 |
| 32.50 | 1.2889 | 45.68 | 48.25 | 1.4987 | 93.13 |
| 33.00 | 1.2946 | 46.58 | 48.50 | 1.5026 | 95.11 |
| 33.50 | 1.3004 | 47.49 | | | |

60°F = 15.5°C

硝 酸 (つゞき)

1°F に対して 10° より 20° 迄の Bé. では 1/30° Bé.
又は .00029 Sp. Gr. の補正.
1°F に対して 20° より 30° 迄の Bé. では 1/23° Bé.
又は .00044 Sp. Gr. の補正.
1°F に対して 30° より 40° 迄の Bé. では 1/20° Bé.
又は .00060 Sp. Gr. の補正.
1°F に対して 40° より 48.5° 迄の Bé. では 1/17° Bé.
又は .00084 Sp. Gr. の補正.

鹽 酸

(W. C. Ferguson)

| ボイメ | 比重 $\frac{60^\circ\text{F.}}{60^\circ\text{F.}}$ | % HCl. | ボイメ | 比重 $\frac{60^\circ\text{F.}}{60^\circ\text{F.}}$ | % HCl. |
|-------|--|--------|-------|--|--------|
| 1.00 | 1.0059 | 1.40 | 18.70 | 1.1480 | 29.13 |
| 2.00 | 1.0140 | 2.82 | 18.80 | 1.1489 | 29.30 |
| 3.00 | 1.0211 | 4.25 | 18.90 | 1.1498 | 29.48 |
| 4.00 | 1.0284 | 5.69 | 19.00 | 1.1508 | 29.65 |
| 5.00 | 1.0357 | 7.15 | 19.10 | 1.1517 | 29.83 |
| 6.00 | 1.0432 | 8.64 | 19.20 | 1.1526 | 30.00 |
| 7.00 | 1.0507 | 10.17 | 19.30 | 1.1535 | 30.18 |
| 8.00 | 1.0584 | 11.71 | 19.40 | 1.1544 | 30.35 |
| 9.00 | 1.0662 | 13.26 | 19.50 | 1.1554 | 30.53 |
| 10.00 | 1.0741 | 14.83 | 19.60 | 1.1563 | 30.71 |
| 10.50 | 1.0781 | 15.62 | 19.70 | 1.1572 | 30.90 |
| 11.00 | 1.0821 | 16.41 | 19.80 | 1.1581 | 31.08 |
| 11.50 | 1.0861 | 17.21 | 19.90 | 1.1590 | 31.27 |
| 12.00 | 1.0902 | 18.01 | 20.00 | 1.1600 | 31.45 |
| 12.50 | 1.0943 | 18.82 | 20.10 | 1.1609 | 31.64 |
| 12.75 | 1.0964 | 19.22 | 20.20 | 1.1619 | 31.82 |
| 13.00 | 1.0985 | 19.63 | 20.30 | 1.1628 | 32.01 |
| 13.25 | 1.1006 | 20.04 | 20.40 | 1.1637 | 32.19 |
| 13.50 | 1.1027 | 20.45 | 20.50 | 1.1647 | 32.38 |
| 13.75 | 1.1048 | 20.86 | 20.60 | 1.1656 | 32.56 |
| 14.00 | 1.1069 | 21.27 | 20.70 | 1.1666 | 32.75 |
| 14.25 | 1.1090 | 21.68 | 20.80 | 1.1675 | 32.93 |
| 14.50 | 1.1111 | 22.09 | 20.90 | 1.1684 | 33.12 |
| 14.75 | 1.1132 | 22.50 | 21.00 | 1.1694 | 33.31 |
| 15.00 | 1.1154 | 22.92 | 21.10 | 1.1703 | 33.50 |
| 15.25 | 1.1176 | 23.33 | 21.20 | 1.1713 | 33.69 |
| 15.50 | 1.1197 | 23.75 | 21.30 | 1.1722 | 33.88 |
| 15.75 | 1.1219 | 24.16 | 21.40 | 1.1732 | 34.07 |
| 16.00 | 1.1240 | 24.57 | 21.50 | 1.1741 | 34.26 |
| 16.10 | 1.1248 | 24.73 | 21.60 | 1.1751 | 34.45 |
| 16.20 | 1.1256 | 24.90 | 21.70 | 1.1760 | 34.64 |
| 16.30 | 1.1265 | 25.03 | 21.80 | 1.1770 | 34.83 |

鹽 酸 (つゞき)

| ボイメ | 比重 $\frac{60^\circ\text{F.}}{60^\circ\text{F.}}$ | % HCl. | ボイメ | 比重 $\frac{60^\circ\text{F.}}{60^\circ\text{F.}}$ | % HCl. |
|-------|--|--------|-------|--|--------|
| 16.40 | 1.1274 | 25.23 | 21.90 | 1.1779 | 35.02 |
| 16.50 | 1.1283 | 25.39 | 22.00 | 1.1789 | 35.21 |
| 16.60 | 1.1292 | 25.56 | 22.10 | 1.1793 | 35.40 |
| 16.70 | 1.1301 | 25.72 | 22.20 | 1.1808 | 35.59 |
| 16.80 | 1.1310 | 25.89 | 22.30 | 1.1817 | 35.78 |
| 16.90 | 1.1319 | 26.05 | 22.40 | 1.1827 | 35.97 |
| 17.00 | 1.1328 | 26.22 | 22.50 | 1.1836 | 36.16 |
| 17.10 | 1.1336 | 26.39 | 22.60 | 1.1845 | 36.35 |
| 17.20 | 1.1345 | 26.56 | 22.70 | 1.1856 | 36.54 |
| 17.30 | 1.1354 | 26.73 | 22.80 | 1.1866 | 36.73 |
| 17.40 | 1.1363 | 26.90 | 22.90 | 1.1875 | 36.93 |
| 17.50 | 1.1372 | 27.07 | 23.00 | 1.1885 | 37.14 |
| 17.60 | 1.1381 | 27.24 | 23.10 | 1.1895 | 37.36 |
| 17.70 | 1.1390 | 27.41 | 23.20 | 1.1904 | 37.58 |
| 17.80 | 1.1399 | 27.58 | 23.30 | 1.1914 | 37.80 |
| 17.90 | 1.1408 | 27.75 | 23.40 | 1.1924 | 38.03 |
| 18.00 | 1.1417 | 27.92 | 23.50 | 1.1934 | 38.26 |
| 18.10 | 1.1426 | 28.09 | 23.60 | 1.1944 | 38.49 |
| 18.20 | 1.1435 | 28.26 | 23.70 | 1.1953 | 38.72 |
| 18.30 | 1.1444 | 28.44 | 23.80 | 1.1963 | 38.95 |
| 18.40 | 1.1453 | 28.61 | 23.90 | 1.1973 | 39.18 |
| 18.50 | 1.1462 | 28.78 | 24.00 | 1.1983 | 39.41 |
| 18.60 | 1.1471 | 28.95 | 24.10 | 1.1993 | 39.64 |

1°F に対して 10° より 15° 迄の Bé. では $\frac{1^\circ}{45}$ Bé. 又は .0002 Sp. Gr. の補正.
 1°F に対して 10° より 22° 迄の Pé. では $\frac{1^\circ}{30}$ Pé. 又は .0003 Sp. Gr. の補正.
 1°F に対して 22° より 25° 迄の Bé. では $\frac{1^\circ}{28}$ Bé. 又は .0003 Sp. Gr. の補正.

15°C に於ける各種の濃度の苛性曹達溶液の比重
(Lunge)

| Lbs. per Cu. Ft. | 比 重 | ボイメ | Na ₂ O Per Cent | NaOH Per Cent | Grams per Liter | |
|------------------|-------|------|----------------------------|---------------|-------------------|------|
| | | | | | Na ₂ O | NaOH |
| 62.81 | 1.007 | 1.0 | 0.47 | 0.61 | 4 | 6 |
| 63.24 | 1.014 | 2.0 | 0.93 | 1.20 | 9 | 12 |
| 63.74 | 1.022 | 3.1 | 1.55 | 2.00 | 16 | 21 |
| 64.18 | 1.029 | 4.1 | 2.10 | 2.70 | 22 | 28 |
| 64.62 | 1.036 | 5.1 | 2.60 | 3.35 | 27 | 35 |
| 65.18 | 1.045 | 6.2 | 3.10 | 4.00 | 32 | 42 |
| 65.61 | 1.052 | 7.2 | 3.60 | 4.64 | 38 | 49 |
| 66.11 | 1.060 | 8.2 | 4.10 | 5.29 | 43 | 56 |
| 66.55 | 1.067 | 9.1 | 4.55 | 5.87 | 49 | 63 |
| 67.05 | 1.075 | 10.1 | 5.08 | 6.55 | 55 | 70 |
| 67.55 | 1.083 | 11.1 | 5.67 | 7.31 | 61 | 79 |
| 68.05 | 1.091 | 12.1 | 6.20 | 8.00 | 68 | 87 |
| 68.61 | 1.100 | 13.2 | 6.73 | 8.68 | 74 | 95 |
| 69.11 | 1.108 | 14.1 | 7.30 | 9.42 | 81 | 104 |
| 69.61 | 1.116 | 15.1 | 7.80 | 10.06 | 87 | 112 |
| 70.17 | 1.125 | 16.1 | 8.50 | 10.97 | 96 | 123 |
| 70.73 | 1.134 | 17.1 | 9.18 | 11.84 | 104 | 134 |
| 71.23 | 1.142 | 18.0 | 9.80 | 12.64 | 112 | 144 |
| 71.85 | 1.152 | 19.1 | 10.50 | 13.55 | 121 | 156 |
| 72.47 | 1.162 | 20.2 | 11.14 | 14.37 | 129 | 167 |
| 73.04 | 1.171 | 21.2 | 11.73 | 15.13 | 137 | 177 |
| 73.60 | 1.180 | 22.1 | 12.33 | 15.91 | 146 | 188 |
| 74.22 | 1.190 | 23.1 | 13.00 | 16.77 | 155 | 200 |
| 74.84 | 1.200 | 24.2 | 13.70 | 17.67 | 164 | 212 |
| 75.47 | 1.210 | 25.2 | 14.40 | 18.58 | 174 | 225 |
| 76.09 | 1.220 | 26.1 | 15.18 | 19.58 | 185 | 239 |
| 76.78 | 1.231 | 27.2 | 15.96 | 20.59 | 196 | 253 |
| 77.40 | 1.241 | 28.2 | 16.76 | 21.42 | 208 | 266 |
| 78.09 | 1.252 | 29.2 | 17.55 | 22.64 | 220 | 283 |
| 78.77 | 1.263 | 30.2 | 18.35 | 23.67 | 232 | 299 |
| 79.46 | 1.274 | 31.2 | 19.23 | 24.81 | 245 | 316 |
| 80.15 | 1.285 | 32.2 | 20.00 | 25.80 | 257 | 332 |
| 80.89 | 1.297 | 33.2 | 20.80 | 26.83 | 270 | 348 |
| 81.58 | 1.308 | 34.1 | 21.55 | 27.80 | 282 | 364 |
| 82.33 | 1.320 | 35.2 | 22.35 | 28.83 | 295 | 381 |
| 83.08 | 1.332 | 36.1 | 23.20 | 29.93 | 309 | 399 |
| 83.89 | 1.345 | 37.2 | 24.20 | 31.22 | 326 | 420 |
| 84.64 | 1.357 | 38.1 | 25.17 | 32.47 | 342 | 441 |
| 85.45 | 1.370 | 39.2 | 26.12 | 33.69 | 359 | 462 |
| 86.26 | 1.383 | 40.2 | 27.10 | 34.96 | 375 | 483 |
| 87.13 | 1.397 | 41.2 | 28.10 | 36.25 | 392 | 505 |
| 87.94 | 1.410 | 42.2 | 29.05 | 37.47 | 410 | 528 |
| 88.81 | 1.424 | 43.2 | 30.08 | 38.80 | 428 | 553 |
| 89.69 | 1.438 | 44.2 | 31.00 | 39.99 | 446 | 575 |
| 90.62 | 1.453 | 45.2 | 32.10 | 41.41 | 466 | 602 |
| 91.56 | 1.468 | 46.2 | 33.20 | 42.83 | 487 | 629 |
| 92.49 | 1.483 | 47.2 | 34.40 | 44.38 | 510 | 658 |
| 93.43 | 1.498 | 48.2 | 35.76 | 46.15 | 535 | 691 |
| 94.43 | 1.514 | 49.2 | 36.90 | 47.60 | 559 | 721 |
| 95.43 | 1.530 | 50.2 | 38.00 | 49.02 | 581 | 750 |

アンモニア水

(W. C. Ferguson)

| ボイメ | 比重 | %NH ₃ | ボイメ | 比重 | %NH ₃ | ボイメ | 比重 | %NH ₃ |
|-------|--------|------------------|-------|-------|------------------|-------|-------|------------------|
| 10.00 | 1.0000 | .00 | 16.50 | .9556 | 11.18 | 23.00 | .9150 | 23.52 |
| 10.25 | .9982 | .40 | 16.75 | .9540 | 11.64 | 23.25 | .9135 | 24.10 |
| 10.50 | .9964 | .80 | 17.00 | .9524 | 12.10 | 23.50 | .9121 | 24.50 |
| 10.75 | .9947 | 1.21 | 17.25 | .9508 | 12.56 | 23.75 | .9106 | 24.99 |
| 11.00 | .9929 | 1.62 | 17.50 | .9492 | 13.02 | 24.00 | .9091 | 25.48 |
| 11.25 | .9912 | 2.04 | 17.75 | .9475 | 13.49 | 24.25 | .9076 | 25.97 |
| 11.50 | .9894 | 2.46 | 18.00 | .9459 | 13.96 | 24.50 | .9061 | 26.46 |
| 11.75 | .9876 | 2.88 | 18.25 | .9444 | 14.43 | 24.75 | .9047 | 26.95 |
| 12.00 | .9859 | 3.30 | 18.50 | .9428 | 14.90 | 25.00 | .9032 | 27.44 |
| 12.25 | .9842 | 3.73 | 18.75 | .9412 | 15.37 | 25.25 | .9018 | 27.93 |
| 12.50 | .9825 | 4.16 | 19.00 | .9396 | 15.84 | 25.50 | .9003 | 28.42 |
| 12.75 | .9807 | 4.59 | 19.25 | .9380 | 16.32 | 25.75 | .8989 | 28.91 |
| 13.00 | .9790 | 5.02 | 19.50 | .9365 | 16.80 | 26.00 | .8974 | 29.40 |
| 13.25 | .9773 | 5.45 | 19.75 | .9349 | 17.28 | 26.25 | .8960 | 29.89 |
| 13.50 | .9756 | 5.88 | 20.00 | .9333 | 17.76 | 26.50 | .8946 | 30.38 |
| 13.75 | .9739 | 6.31 | 20.25 | .9318 | 18.24 | 26.75 | .8931 | 30.87 |
| 14.00 | .9722 | 6.74 | 20.50 | .9302 | 18.72 | 27.00 | .8917 | 31.36 |
| 14.25 | .9705 | 7.17 | 20.75 | .9287 | 19.20 | 27.25 | .8903 | 31.85 |
| 14.50 | .9689 | 7.61 | 21.00 | .9272 | 19.68 | 27.50 | .8889 | 32.34 |
| 14.75 | .9672 | 8.05 | 21.25 | .9256 | 20.16 | 27.75 | .8875 | 32.83 |
| 15.00 | .9655 | 8.49 | 21.50 | .9241 | 20.64 | 28.00 | .8861 | 33.32 |
| 15.25 | .9639 | 8.93 | 21.75 | .9226 | 21.12 | 28.25 | .8847 | 33.81 |
| 15.50 | .9622 | 9.38 | 22.00 | .9211 | 21.60 | 28.50 | .8833 | 34.30 |
| 15.75 | .9605 | 9.83 | 22.25 | .9195 | 22.08 | 28.75 | .8819 | 34.79 |
| 16.00 | .9589 | 10.28 | 22.50 | .9180 | 22.56 | 29.00 | .8805 | 35.28 |
| 16.25 | .9573 | 10.73 | 22.75 | .9165 | 23.04 | | | |

比重は 60°F で測定したもので 60°F の水を標準とした。

ボイメ度数は上記の比重より次式によって計算して出したものである。

$$\text{Baumé} = \frac{140}{\text{Sp.Gr.}} - 130$$

アンモニア水の膨脹係数は温度によつて異なるものである。之は次表によつて補正しなければならない。

| ボイメ | 60°F 以下では下記の數 値を加へる。 | | 60°F 以上では下記の數値を引く。 | | | |
|-----|-------------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 40°F. | 50°F. | 70°F. | 80°F. | 90°F. | 100°F. |
| 14° | .015° Bé. | .017° Bé. | .020° Bé. | .022° Bé. | .024° Bé. | .026° Bé. |
| 16° | .021 " | .023 " | .026 " | .028 " | .030 " | .032 " |
| 18° | .027 " | .029 " | .031 " | .033 " | .035 " | .037 " |
| 20° | .033 " | .035 " | .037 " | .038 " | .040 " | .042 " |
| 22° | .039 " | .042 " | .043 " | .045 " | .047 " | |
| 26° | .053 " | .057 " | .057 " | .059 " | | |

(40°F=4.44°C, 50°F=10°C, 70°F=21.11°C, 80°F=26.67°C)
(90°F=32.22°C, 100°F=37.78°C)

醋 酸 15°C

(Oudemans)

| 比重 | Per Cent H ₂ C ₂ H ₃ O ₂ | 比重 | Per Cent H ₂ C ₂ H ₃ O ₂ | 比重 | Per Cent H ₂ C ₂ H ₃ O ₂ | 比重 | Per Cent H ₂ C ₂ H ₃ O ₂ |
|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|
| 0.9992 | 0 | 1.0363 | 26 | 1.0623 | 51 | 1.0747 | 76 |
| 1.0007 | 1 | 1.0375 | 27 | 1.0631 | 52 | 1.0748 | 77 |
| 1.0022 | 2 | 1.0388 | 28 | 1.0638 | 53 | 1.0748 | 78 |
| 1.0037 | 3 | 1.0400 | 29 | 1.0646 | 54 | 1.0748 | 79 |
| 1.0052 | 4 | 1.0412 | 30 | 1.0653 | 55 | 1.0748 | 80 |
| 1.0067 | 5 | 1.0424 | 31 | 1.0660 | 56 | 1.0747 | 81 |
| 1.0083 | 6 | 1.0436 | 32 | 1.0666 | 57 | 1.0746 | 82 |
| 1.0098 | 7 | 1.0447 | 33 | 1.0673 | 58 | 1.0744 | 83 |
| 1.0113 | 8 | 1.0459 | 34 | 1.0679 | 59 | 1.0742 | 84 |
| 1.0127 | 9 | 1.0470 | 35 | 1.0685 | 60 | 1.0739 | 85 |
| 1.0142 | 10 | 1.0481 | 36 | 1.0691 | 61 | 1.0736 | 86 |
| 1.0157 | 11 | 1.0492 | 37 | 1.0697 | 62 | 1.0731 | 87 |
| 1.0171 | 12 | 1.0502 | 38 | 1.0702 | 63 | 1.0726 | 88 |
| 1.0185 | 13 | 1.0513 | 39 | 1.0707 | 64 | 1.0720 | 89 |
| 1.0200 | 14 | 1.0523 | 40 | 1.0712 | 65 | 1.0713 | 90 |
| 1.0214 | 15 | 1.0533 | 41 | 1.0717 | 66 | 1.0705 | 91 |
| 1.0228 | 16 | 1.0543 | 42 | 1.0721 | 67 | 1.0696 | 92 |
| 1.0242 | 17 | 1.0552 | 43 | 1.0725 | 68 | 1.0686 | 93 |
| 1.0256 | 18 | 1.0562 | 44 | 1.0729 | 69 | 1.0674 | 94 |
| 1.0270 | 19 | 1.0571 | 45 | 1.0733 | 70 | 1.0660 | 95 |
| 1.0284 | 20 | 1.0580 | 46 | 1.0737 | 71 | 1.0644 | 96 |
| 1.0298 | 21 | 1.0589 | 47 | 1.0740 | 72 | 1.0625 | 97 |
| 1.0311 | 22 | 1.0598 | 48 | 1.0742 | 73 | 1.0604 | 98 |
| 1.0324 | 23 | 1.0607 | 49 | 1.0744 | 74 | 1.0580 | 99 |
| 1.0337 | 24 | 1.0615 | 50 | 1.0746 | 75 | 1.0553 | 100 |
| 1.0350 | 25 | | | | | | |

アルコールの比重及び容積百分率

(Squibb)

| アルコール (容積) | 比重 | | アルコール (容積) | 比重 | | アルコール (容積) | 比重 | |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------------|
| | 15.56° 15.56° C. | 15.56° 15.56° C. | | 15.56° 15.56° C. | 15.56° 15.56° C. | | 15.56° 15.56° C. | 15.56° 15.56° C. |
| 1 | 0.9985 | 26 | 0.9698 | 51 | 0.9323 | 76 | 0.8745 | |
| 2 | .9970 | 27 | .9691 | 52 | .9303 | 77 | .8721 | |
| 3 | .9956 | 28 | .9678 | 53 | .9283 | 78 | .8696 | |
| 4 | .9942 | 29 | .9665 | 54 | .9262 | 79 | .8664 | |
| 5 | .9930 | 30 | .9652 | 55 | .9242 | 80 | .8639 | |
| 6 | .9914 | 31 | .9643 | 56 | .9221 | 81 | .8611 | |
| 7 | .9898 | 32 | .9631 | 57 | .9200 | 82 | .8581 | |
| 8 | .9890 | 33 | .9618 | 58 | .9178 | 83 | .8557 | |
| 9 | .9878 | 34 | .9609 | 59 | .9160 | 84 | .8526 | |
| 10 | .9869 | 35 | .9593 | 60 | .9135 | 85 | .8496 | |
| 11 | .9855 | 36 | .9578 | 61 | .9113 | 86 | .8466 | |
| 12 | .9841 | 37 | .9565 | 62 | .9090 | 87 | .8434 | |
| 13 | .9828 | 38 | .9550 | 63 | .9069 | 88 | .8408 | |
| 14 | .9821 | 39 | .9535 | 64 | .9047 | 89 | .8373 | |
| 15 | .9815 | 40 | .9519 | 65 | .9025 | 90 | .8340 | |
| 16 | .9802 | 41 | .9503 | 66 | .9001 | 91 | .8305 | |
| 17 | .9789 | 42 | .9490 | 67 | .8973 | 92 | .8272 | |
| 18 | .9778 | 43 | .9470 | 68 | .8949 | 93 | .8237 | |
| 19 | .9766 | 44 | .9452 | 69 | .8925 | 94 | .8199 | |
| 20 | .9760 | 45 | .9434 | 70 | .8900 | 95 | .8164 | |
| 21 | .9753 | 46 | .9416 | 71 | .8875 | 96 | .8125 | |
| 22 | .9741 | 47 | .9396 | 72 | .8850 | 97 | .8084 | |
| 23 | .9728 | 48 | .9381 | 73 | .8825 | 98 | .8041 | |
| 24 | .9715 | 49 | .9362 | 74 | .8799 | 99 | .7995 | |
| 25 | .9709 | 50 | .9343 | 75 | .8769 | 100 | .7946 | |

重量及び容積で表はしたアルコールの百分率の表は異つてゐる。無水のアルコールの比重は 15.6° C の水を標準にして同じ温度で 0.7938 である。之は Fownes 氏の測定値である。同じ條件で Tralles 氏は 0.7935 と出してゐる。この表を採用してゐる Squibb 氏は無水アルコールの比重は少くとも 0.7935 位のものでなければならぬ事を提言してゐる。この値は Fownes 氏の値より 0.003 低く、0.1% アルコールに相當してゐる。Squibb 氏の與へてゐる表は重量百分率のものに対しては Fownes 氏の値を、又容積百分率のもの(上記の表)に対しては Tralles 氏の値を基にして出してゐる。
 $\frac{15.6^\circ}{15.6^\circ}$ の比重を $\frac{15.6^\circ}{4^\circ}$ の比重に換算するには .99908 を割ればよい。或は Sp. Gr. 1.000 より .935 迄のものは 0.0009 を引く。Sp. Gr. .924 より .825 迄のものは 0.0008 を引く。Sp. Gr. .824 のものは .0007 を引く。

人名索引

A

| | |
|----------------------|--------------|
| Abraham | 377 |
| Abram | 233 |
| Adamson | 375 |
| Adler..... | 31 |
| Agnus Smith | 376 |
| Aitchison | 78 |
| Allen..... | 180 |
| Ambrose Monell | 80 |
| Andrews | 278, 281 |
| Andrès..... | 372 |
| Arnold..... | 476, 479 |
| Aston..... | 10, 145, 157 |
| Asuhara | 474, 478 |

B

| | |
|-----------------|---|
| Babcock | 342 |
| Bancroft | 158 |
| Banigan | 69 |
| Bauer..... | 17, 27, 38, 46, 49, 50, 57, 90, 91, 100, 101, 116, 120, 207, 278, 473 |
| Baermann | 58, 473 |
| Barff..... | 348 |
| Bedwarth..... | 12 |
| Behr..... | 278, 304 |
| Bengouth..... | 166 |
| Bennett | 108, 180, 185 |
| Berthier | 204 |
| Berland | 350 |
| Berzelius | 203 |
| Beythien | 31 |
| Blount | 123 |
| Bohr | 55 |
| Borchers | 240 |
| Boutmy | 179 |

| | |
|---------------------------------------|---------------|
| Bower | 318 |
| Bowles | 375 |
| Bradburg..... | 339 |
| Bradley-Bontempi..... | 349 |
| Brown..... | 100, 101, 123 |
| Brown Bayley's Steel Works, Ltd. | 242 |
| Buchner | 350, 379 |
| Bureau of Standards | 128, 130, 134 |
| Burgess..... | 75, 278 |
| Burnham | 108, 180, 185 |

C

| | |
|-------------------------|---------------------------------|
| Calvert | 5, 166 |
| Carl Barenfänger | 422 |
| Carpenter..... | 444 |
| Catch | 67, 84 |
| Chatau | 179 |
| Clark..... | 309 |
| Clement | 345 |
| Cornstock | 478 |
| Coslett | 354 |
| Crucible Steel Co. | 79, 83, 85, 87 |
| Crum Brown | 5 |
| Cushman..... | 37, 38, 109, 110, 113, 289, 367 |
| Cutler Steel Co. | 83 |

D

| | |
|--------------------------|----------|
| Daniell | 63, 182 |
| Danielson & Sweely | 358 |
| Davies | 141, 142 |
| Davis | 26, 107 |
| Davy | 345 |
| Deisz..... | 28 |
| Deweese-Wood | 349 |
| Diegel | 203 |
| Divers | 30 |

| | 頁 | | 頁 |
|---------------------------|--|------------------|--|
| Dony | 30 | Gipps..... | 302 |
| Driver-Harris Co. | 80 | Goulding..... | 29, 38 |
| Dunstan | 29, 30 | Graham..... | 15 |
| Duriron Casting Co. | 267 | Grave | 182, 186 |
| E | | | |
| Endo (著者)..... | 12, 19, 25, 51, 52, 61, 77, 110, 111, 153, 154, 162, 167, 200~ 215, 278~289, 291~294, 305~ 306, 343, 356 | H | |
| Engle | 75 | Haase..... | 294 |
| Enlund..... | 406 | Haber | 137 |
| Enos..... | 54, 57 | Hadfield..... | 78, 204 |
| Evans | 10, 20, 41, 109, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 164, 166, 183, 184 | Hale | 75 |
| F | | | |
| Faraday | 108, 183, 184 | Hall | 77 |
| Farquharson | 59 | Hallwacks | 192 |
| Ferguson | 362 | Hambenchen | 278 |
| Finkelstein | 188 | Hamlin | 65, 88, 507 |
| Finkner | 207, 213 | Hanssen | 375 |
| Fischer..... | 183 | Hargest | 67, 84 |
| Fleischbein..... | 411 | Hatfield | 244, 255 |
| Föhr..... | 75, 84, 187 | Hathaway..... | 375 |
| Franklin..... | 190 | Heatcote | 180 |
| Fredenhagen | 108, 185 | Helmholtz | 302 |
| Friend..... | 4, 15, 17, 19, 21, 22, 23, 27, 28, 38, 47, 49, 50, 53, 67, 84, 90, 91, 92, 100, 101, 105, 110, 119, 120, 123, 141, 149, 166, 364 | Herschel | 182 |
| Fujihara | 6, 7 | Heydweiller..... | 40 |
| G | | | |
| Gains..... | 375 | Heyn..... | 17, 27, 38, 46, 49, 50, 57, 90 91, 100, 101, 116, 120, 207, 278 457, 473 |
| Gardner | 367 | Hittorf | 108, 181, 182, 186, 194 |
| General Electric Co. | 396 | Holcroft | 357 |
| Gerding..... | 197 | Holde..... | 152 |
| Gesner | 349 | Holst | 197 |
| I | | | |
| | | Honda..... | 190, 229, 431, 433, 443, 446, 450, 452, 457, 460, 461, 462 |
| | | Hopkins | 80 |
| | | Howe..... | 203 |
| | | Hudson..... | 166 |
| | | Humphry..... | 345 |
| | | Inamura | 9, 34, 153 |

| | 頁 | | 頁 |
|--------------------|-------------------------|-------------------|------------------------------|
| Ipatieff | 107 | Liebreich | 408 |
| Isgarischen | 187 | Liesching..... | 479 |
| J | | | |
| Jackson..... | 342 | Linder | 21, 24 |
| Johnson | 67, 87 | Louth | 84 |
| Jones..... | 139 | Lunge | 76 |
| Jordan | 64 | M | |
| Jordis | 189 | MacHaffie | 37, 44, 143 |
| Josper | 137 | Mallet..... | 49, 64, 206, 213 |
| Jouve..... | 213 | Marcy | 149, 151 |
| Jowett | 29 | Matsumura | 286 |
| K | | | |
| Karssen | 197 | Matsushita..... | 229, 466, 468 |
| Kasai..... | 32 | Matweieff | 477, 479, 480 |
| Keeling..... | 444 | Maury | 363 |
| Keir | 107, 179 | McCance | 474, 479 |
| Kelley | 411 | McKay | 157 |
| Kellog Co. | 78 | Medinger | 143 |
| Kendall..... | 27 | Merica | 83, 88 |
| Kestner | 95, 337, 339, 341 | Mills..... | 146, 147 |
| Kikuta..... | 216~227 | Miyazaki | 25 |
| Kirvan | 179 | Miyoshi..... | 32 |
| Klarmann..... | 38 | Molish | 32 |
| Knudson | 123 | Monnartz | 240, 260 |
| Kohlraush | 40 | Monypenny..... | 235, 241, 244, 251, 252, 260 |
| Königsberger | 181, 186, 194 | Moody..... | 38, 40, 166, 339 |
| Koresh | 137 | Morrell | 364 |
| Kramers | 197 | Mousson | 183 |
| L | | | |
| Laissus..... | 411, 416, 418, 419, 421 | Müller..... | 181, 185, 186, 188, 194, 408 |
| Lambert | 196 | Murakami..... | 389, 416, 452, 476 |
| Langmuir..... | 188 | N | |
| Law..... | 474, 476, 477, 479 | Nernst | 299 |
| Le Blanc..... | 185, 187 | Nicholas | 123 |
| Le Chatelier..... | 476, 477 | Nichol | 190 |
| Levy | 476 | O | |
| Leybold..... | 38 | Oberhoffer | 478 |
| | | Obrutschewa | 187 |
| | | Ogawa | 389 |
| | | Ollard | 408 |

| | | | |
|----------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Isen | 279, 281 | Schulze..... | 108, 181 |
| Osmond | 457 | Scofield..... | 129 |
| Ost..... | 341 | Seligman | 158 |
| P | | | |
| Palmer..... | 128 | Sestini | 354 |
| Parker..... | 355 | Sherard Cowper-Coles | 387 |
| Parr..... | 81 | Shipley..... | 37, 44, 128, 129, 142, 143 |
| Paul..... | 6, 339, 341 | Siemens..... | 207 |
| Percy..... | 64 | Smith..... | 128, 129, 142 |
| Pieton | 21, 24 | Smits | 195, 197 |
| Pilling | 12 | Snelus | 206 |
| Pollitt | 342, 388 | Speller..... | 27, 44, 50, 338, 507 |
| Poole..... | 28 | Stead..... | 65, 449, 472, 479 |
| Prost..... | 64 | Stenger..... | 129 |
| R | | | |
| Raumer..... | 31 | Stewart & Loyed | 375 |
| Richardson..... | 31, 74 | Stumper | 144 |
| Richards | 278, 304 | T | |
| Rickers..... | 28 | Tafel | 197 |
| Riley..... | 203 | Tagaya | 385 |
| Roberts..... | 84 | Takei..... | 416 |
| Roberts Ansten | 444 | Tamaru..... | 466 |
| Röhl..... | 477, 478, 479 | Tammann | 12, 199, 229, 269 272, 466 |
| Rondeli..... | 354 | Teague | 77 |
| Rosenhain | 4, 13, 480 | Thompson | 157 |
| Ruffington | 350 | Thos. Firth & Sons, Co. | 242, 481 |
| Russell..... | 21, 24, 26, 37, 107, 195 | Tilden | 64 |
| S | | | |
| Sabin..... | 376 | Toch | 123 |
| Saito..... | 210, 466 | Traube | 29 |
| Sato | 466, 469 | Tucker | 151, 152, 354 |
| Scheurer | 95 | Turner | 64, 65, 88, 213, 507 |
| Schikorr | 28 | U | |
| Schmidt | 183 | Uchida | 210 |
| Schönbein..... | 184 | V | |
| Schoop | 392 | Van Aller..... | 336 |
| Schorler | 31, 32 | Vanick | 95 |
| | | Venator..... | 92 |

| | | | |
|------------------|-------------------------|-----------------|---------|
| W | | Y | |
| Wagner..... | 114 | Williams | 158 |
| Walker..... | 289, 345 | Winkler..... | 55, 106 |
| Watase | 469 | Wood..... | 376 |
| Watts..... | 77 | Wurtz | 345 |
| Webb..... | 143 | Wüst..... | 478 |
| Wells..... | 349 | Z | |
| Werchowsky | 107 | Yamazaki..... | 189 |
| Wetzlar | 182 | Yild | 146 |
| Whitley | 474, 479 | Z | |
| Whitman | 21, 24, 26, 27, 37, 107 | Ziegler | 477 |
| Whitney | 29 | Zsigmondy | 24 |
| Wiggen..... | 203 | Zwadski | 197 |

事 項 索 引

| ア | 頁 |
|----------------------------------|--|
| 安定度 | 13, 26 |
| 亞麻仁油 | 48, 49, 354, 358, 364, 376~380 |
| 油 | 125, 148, 269 |
| 油井戸 | 144, 147 |
| 孔 (cavity) | 158 |
| 雨 | 169 |
| 壓縮試験の影響 | 284 |
| 安息香酸 | 497 |
| 亞鉛 | 304, 314, 325, 382, 392~396, 403 |
| 亞鉛の溶解 | 326 |
| 亞鉛黄 (zinc yellow) | 371 |
| 亞鉛鉛白 (zinc lead white) | 371 |
| 亞鉛華 (zinc oxide) | 371 |
| 亞鉛の保護被膜を施す法 | 383 |
| 亞鉛を擴散せしめる法 (sherardising) | 387, 410 |
| 亞鉛の電気鍍金 (electro-plating) | 391 |
| 亞鉛被膜試験法 | 394 |
| 亞硝酸 | 500 |
| 亞硫酸 | 501, 510 |
| 亞共析鋼 | 441, 449, 453 |
| 亞共晶鉄 | 470 |
| アルミニウムの電解装置の調整器 | 318 |
| アルミニウム被膜を施す法 (calorising) | 148, 396, 410 |
| アルカリ | 30, 42, 90, 91 |
| アルカリ土壌 | 127 |
| アルカリ性溶液 | 335 |
| アルムコ鐵 | 7, 35, 52, 56, 61, 97, 110, 153, 279~288, 298, 305, 343 |
| アルコール | 22, 323, 511, 528 |
| アルモンド油 | 151 |
| アルデヒド | 323 |
| アマルガム | 184, 322, 330 |
| アンモニア | 2, 95, 502, 511, 526 |
| アンカ (anka) | 242, 481 |
| アセチレン | 323 |
| アセチルクロライド | 87 |
| アセトン | 502 |
| アニリン | 323, 511 |
| アスベスチン | 366 |
| アイボレーブラック | 367 |
| アリロン (ariron) | 226 |
| α 鐵 | 431, 433, 446, 455, 457, 465 |
| α 固溶體 | 271, 438, 441 |
| α 麻留田 | 459, 460, 468, 469 |
| イ | |
| 陰極 | 10, 16, 20, 157~167, 289, 304~332, 344, 392, 401~411 |
| 陰イオン | 13, 16, 299~332 |
| 陰性被膜 | 381~383 |
| 印度 | 4 |
| 因子 | 45, 146 |
| 一次的因子 | 13, 47, 105 |
| 一次的硬水 | 173 |
| 一酸化炭素 | 349 |
| 一變系 | 436 |
| 井戸水 (well water) | 169 |
| 硫黄 | 65, 67, 214, 296, 473 |
| 硫黄検刷法 (sulphur printing) | 473 |
| 鑄物其他の有形物鍍金法 | 387, 400 |
| 辛 | 503 |
| イオンの活性度 | 20 |
| イオンの輸率 | 309 |
| イロナツク (ronac) | 265 |
| インヂアン赤 | 369 |
| インヒビター (inhibitor) | 366 |
| インデターミネート (indeterminates) | 366 |
| ウ | |
| 雨量 | 133, 134 |

雨水 (rain water) 46, 169
 運河水 (canal water) 170
 上掛砒毒 360
 薄板鍍金法 385
 漆ワニス其他の塗料 377
 漆酸 377
 ウラニウム 421
 ウラニウム其他の金属の擴散 420
 ウイロチヤコール (willow charcoal) 357
 ウルトラマリソ藍 (ultramarine blue) 377

エ

鹽酸 42, 62, 84, 86, 154, 201~226, 233~244
 257, 268, 343, 353, 417~421, 498, 508
 523~524
 鹽素酸加里 100, 104, 107, 246
 鹽素酸瓦斯 85
 鹽素瓦斯 512
 鹽素水 512
 鹽類溶液 96, 97, 105, 114, 119, 134, 245, 314
 鹽類溶液噴霧試驗 395
 鹽化アンモニウム 104, 114, 246, 384, 502
 鹽化アンチモン 353, 511
 鹽化エチル 513
 化マグネシウム 98, 104, 116, 146, 175~176,
 246, 340, 503, 514
 鹽化カルシウム 100, 104, 175~176, 339, 503, 511
 鹽化バリウム 98, 104, 156
 鹽化亞鉛 384, 513
 鹽化加里 24, 31, 98, 101, 104, 120, 155,
 246, 311
 鹽化銅 247, 353, 503
 鹽化第一鐵 61, 353
 鹽化第二鐵 247, 353, 503
 鹽化第二水銀 248, 353, 503, 513
 鹽化錫 504
 永久的硬水 173
 液態空氣 190~192
 液相線 437
 X線分析法 431

鉛丹 369
 エレクトロン 187, 188, 196~197
 エリアナイト (elianite) 265
 エンドーヂング (endosing) 356
 エチルアルコール 503
 エチルイサー 503
 エチプト 4
 エローオカー (yellow ochre) 370
 A₂ 變態と A₁ 變態 429, 437, 438, 441, 445
 A₂ 變化 433, 439, 445
 A₁ 變化 439
 A₁ 變態 440, 442, 445, 464
 Acm 變態 443
 Acm 線 438, 448
 Ae 442
 Ar 442

オ

温度の影響 55, 95, 114, 121, 124
 温度係數 302
 王水 89
 黄鐵礦 174
 織物の應用 376
 大洲田 293, 446, 448, 449, 456, 463, 483
 大洲田より麻留田への變化の機構 459
 オリーブ油 48, 151
 オレイン酸 125, 264
 オニオンソース 503
 オスモンダイト (osmondite) 294, 457

カ

隔壁 (diaphragm) 10
 化學親和力 14
 化學的方法によつて被膜を作る方法 345
 可逆性コロイド 16
 過酸化水素 29, 503
 過酸化物の吸着 186
 過酸化マンガソ 359, 356
 過マンガソ酸加里 98, 107
 過マンガソ酸加里法 356

過熱鋼 (over-heated steel) 472
 攪拌 50, 118
 海水 116, 170
 海水用ペンキ 374
 苛性加里 26, 31, 92, 120
 苛性曹達 92, 93, 175~176, 340, 525
 苛性曹達試驗法 394
 乾性油 149
 乾燥劑 373
 河水 (river water) 169
 加工 230, 450, 452
 加熱によつて燒灰色を出す方法 347
 加熱温度 414
 加熱時間 414
 加熱着色法 (heat tinting) 472, 475, 478
 加里明礬 502
 顔料 359, 365~372
 果實汁 248, 513
 廻轉數 281
 荷重 285
 貝殼附着 423~427
 完品線 437
 介在物の形狀 475
 介在物の色 477
 介在物の硬度其他 478
 カロリー 300
 カロメル電極 (甘汞電極) 303
 カロメル電極の製法 307
 カリウム 304
 カドミウム 304, 325, 329
 カハキ (drier) 362, 379
 カーボン黒 367
 カスター油 (castor) 151
 ガソリン 349, 514
 γ 鐵 431, 457, 465
 γ 固溶體 437, 446

キ

凝固點の降下 15
 凝聚力 141

極大腐蝕濃度 101
 吸收係數 106
 吸水性 127
 蟻酸 6, 174, 244, 264, 498
 機械的混合物 269
 金属とそのイオン 304
 金属間化合物 270
 金属被膜を施す法 381
 金属不純物 472, 474
 金 271, 304, 325, 403
 金鍍金 407
 銀 190, 271, 304, 325, 403
 銀鍍金 406
 銀金系合金 273
 規則的置換 270
 起電力 278
 局部電流 11, 22, 59, 127, 129, 142, 144, 147,
 231, 233, 236, 327, 343, 447
 逆電動力 316
 氣體鍍金法 394
 共析鋼 413, 419, 441
 共析線 438
 共析晶 438
 共晶點 438
 共晶線 433
 球狀化 451
 球狀波來土 452
 キンヒドロン半電池 312
 キロワツト分 328

ク

腐れ (decay, rotting) 4
 枸橼酸 238~244, 264, 498, 513
 枸橼酸曹達 504
 空中冷却硬化 241
 空氣及び水の處理 337
 繰返鏡撃試験の影響 286
 屈曲 290
 黒鏡法 350

クロム107, 181, 195, 204, 216, 235, 260, 301, 421, 455

クロム・バナジウム鋼 54

クロム鋼 155, 227~265

クロム鍍金とその理論 408

クロムの擴散 (chromising) 411

クロム線 368

クロム黄 368

クロム酸加里 98, 109, 124

クロム酸バリウム 366

クロム酸亜鉛 371

クロム酸亜鉛バリウム 371

クロム 300

クレオソート油 513

グリセリン 125, 514

グリセリルオレート 125

グリーズ (grease) 514

ケ

原理 5

原子價 17, 21

原子構造論 195

系 14

限界値 (threshold value) 16, 24

結晶粒 76

鹼化數 (saponification number) 149

珪素 65, 67, 214, 237, 296, 298, 472

珪素鋼 265~268

珪酸 2

珪酸曹達 175~176

珪酸鉛 358

珪酸鐵 475

珪酸マンガン 475

珪石 359~390

索引試験の影響 279

顯微鏡組織 445

顯微鏡下の化學分析的方法 479

ケトン 328

chemi-steel 78, 83, 87

コ

膠狀質 (emulsoid) 16, 84, 125, 410

恒温槽 56

合金鋼 78

黒鉛 67, 142, 264, 325, 369, 470

黒鉛化 141, 452

湖水 (lake water) 169

硬水 172

硬質を軟質にかへる方法 338

硬鋼 413, 440

硬化 455

固溶體 197, 269, 413, 439

固溶體説 185~187

固溶體と耐酸限 269

固相線 437

抗張力 266, 279, 444, 453, 469

格子常數 275, 432

混晶 (mischkrystal) 269

公算率 (probability) 273

鋼管 27

鋼の電解 305

鋼の變態 439

鋼の標準組織 445

鋼の組織と状態圖 448

鋼の焼鈍と加工 450

鋼の焼入 454

鋼の焼戻 464

極軟鋼 440

極硬鋼 440

高クロム鋼 79, 83, 85, 88

高クロム・ニッケル鋼 79, 83, 85, 88

高クロム・珪素鋼 79, 83, 85, 88

高温アンモニア 95

高温加工 453

高温壓延 483

高温抗張力 494

光電効果 181

光學機械の鏡 493

鍍山水 503, 516

酵母 516

コロイド 15~28

コロイド説 16, 84, 125, 164, 187

コンクリート 122, 362

コンクリートとセメントの塗布 362

コバルト 195, 202, 304, 421

コローロン (corrosion) 265

コーラル及び瀝青性塗料 375, 513, 516

コスレタイジング (coslettising) 354

コーヒー 503

ゴム 356, 372, 375

サ

酸化物説 (simple oxide theory) 5

酸化砒素 23

酸化水銀 375

酸化被膜説 183~185

酸化鐵の被膜を作る方法 346

酸化抵抗性 494

酸説 (acid theory) 5, 6, 34

酸素 10, 36, 40, 46, 55, 153~156, 169, 324

酸素の過電壓 325

酸素を除去する方法 338

酸素アセチレン法 485

酸水素瓦斯 392, 401

酸性溶液 336

醋酸 42, 87, 88, 89, 174, 238~244, 264, 497, 507, 527

醋酸銅 246, 405

醋酸鉛 (試験法) 246, 394

醋酸アンモニウム 100, 104

醋酸エチル 513

散亂膠狀質 (dispersoid) 15

散亂媒液 (dispersion medium) 15

作用限 (wirkungsgrenze) 272

最大抗張力 279

残留物 64

残留大洲田 293, 466, 469

残余電流 322

シ

殘査分析 480

錯鹽 (complex salt) 407

再結晶 467, 468

三鹽化アンチモン 353, 511

砂糖汁 513, 516

酒 (wine) 516

サイダー 503

磁鐵鐵 2

磁氣の強さ 430, 432, 444

磁氣の臨界點 34

磁力計のフレ 467

磁性 493

觸媒劑 6

觸媒作用 29

親和力 14

滲透壓 15, 299

蒸留水 32, 40, 46, 57

浸漬の深さ 49

紫外光線 54

硝酸 42, 62, 82, 83, 154, 201~226, 238~244, 257, 268, 417~421, 499, 509, 522

硝酸と硝酸銅の混合作用 263

硝酸と硝酸鐵の混合作用 263

硝酸加里 (硝石) 24, 98, 104, 156, 350

硝酸曹達 (チリ硝石) 98, 104, 350

硝酸鉛 107

硝酸銀の電解 321

硝酸鐵 503

硝酸水銀 503

硝酸カルシウム 175~176, 339

硝酸ニッケル 503

硝酸アンモニウム 104, 115, 513

蓆酸 89, 174, 238~244, 264, 500

蓆酸アンモニウム 246

食鹽 20, 24, 26, 35, 93, 101, 112, 116, 120, 123, 143, 155, 165, 244, 246, 264, 343, 504, 515

食鹽の電解 328

自然腐蝕 140

| | |
|------------------------|-------------------------|
| 自由エネルギー | 302 |
| 自由度 | 436 |
| 常温加工 | 231, 278, 453, 491, 492 |
| 常輝鋼 (staybright steel) | 242, 481, 494 |
| 常輝鋼の製法 | 482 |
| 常輝鋼の高温加工 | 483 |
| 常輝鋼の研磨 | 486 |
| 常輝鋼の機械仕上げ | 486 |
| 常輝鋼の機械的性質 | 489 |
| 常輝鋼の物理的性質 | 492 |
| 常輝鋼に対する酸の作用 | 497 |
| 常輝鋼と他の金属との接触による腐蝕 | 504 |
| 酒石酸 | 241~244, 264, 501 |
| 真鍮 | 269~271, 505 |
| 真鍮鍍金 | 333, 406 |
| 標準電極 | 303 |
| 四三酸化鐵の被膜を作る方法 | 348 |
| 四鹽化炭素 | 513 |
| 四鹽化錫 | 516 |
| 銃身銃管其他の着色剤と着色法 | 352 |
| 下地珪瑯 | 360 |
| 純鐵の變態 | 429 |
| 初品線 | 437 |
| 初析線 | 437 |
| 初析セメント | 447 |
| 初析地鐵 | 447 |
| 時効 (aging) | 455 |
| 軸比 | 459 |
| 臭素 | 503 |
| 臭素紙 | 473 |
| 臭素水 | 502 |
| 臭素酸加里 | 100, 104 |
| 臭化加里 | 503 |
| 臭化アンモニウム | 502 |

ス

| | |
|-----------------|---------|
| 水速 | 27 |
| 水流 | 50 |
| 水面 (water line) | 158~160 |
| 水酸イオン | 40, 42 |

| | |
|----------------------|-------------------------------|
| 水酸化第一鐵 | 8, 22, 27, 28, 49, 105, 167 |
| 水酸化第二鐵 | 23, 26, 28, 49, 105, 167 |
| 水酸化アンモニウム | 92 |
| 水酸化カルシウム | 91, 175~176, 511 |
| 水酸化バリウム | 175~176 |
| 水素イオン | 34, 40, 42, 110, 311~313, 335 |
| 水素イオン濃度の測定 | 309 |
| 水素電極 | 303, 324 |
| 水素半電池の製法 | 311 |
| 水素の過電壓 | 325, 326, 335~336 |
| 水道水 | 35, 245 |
| 水銀 | 304, 325, 503 |
| 酢 | 248, 504, 516 |
| 酢滴試験 | 232, 236 |
| 瑞典鋼 | 200 |
| 錫 | 304 |
| 錫鍍金 (tinning) | 400, 485 |
| ステライト (stellite) | 79, 81, 83, 85, 88, 89 |
| スベラム油 (sperm) | 151 |
| スチムレーター (stimulator) | 366 |
| ステアリン酸 | 501 |

セ

| | |
|-------------------------|--|
| 静止溶液 | 50 |
| 錆皮 (scale) | 58, 136, 241 |
| 石炭酸 | 89, 264, 498, 508 |
| 石油 | 145~148, 503, 514 |
| 石灰 | 178 |
| 石鹼 | 173, 516 |
| 泉水 (spring water) | 169 |
| 絶対電位差 | 303 |
| 正方晶 | 459 |
| 銦鐵 | 469 |
| 赤熱脆性 | 473 |
| 穿孔 (drilling) | 480 |
| 青化物溶液 | 513 |
| セメント | 67, 92, 142, 148, 201, 271, 294, 437~439, 442, 448 |
| セメントの溶解度曲線 | 438 |
| セメントの A ₁ 變化 | 444 |

| | |
|------------------------|----------|
| セメントの球状化と黒鉛化 | 451 |
| セメンテーション (cementation) | 411 |
| セルローズ | 174 |
| セメントの塗布 | 362 |
| セバシン酸 | 501 |
| ゼオライト (zeolite) | 173, 342 |
| ゼラチン | 289, 514 |

ソ

| | |
|------------|------------------------------|
| 相対的腐蝕 | 116, 138 |
| 相則と鐵炭素系状態圖 | 435 |
| 曹達灰 | 178 |
| 粗粒砂 | 201, 204, 453, 457, 465, 469 |
| 双晶 (twin) | 456, 457 |

タ

| | |
|--------------------------|--|
| 脱水作用 (dehydrating power) | 23 |
| 耐銹鋼 | 78, 148, 227~265, 495~497 |
| 耐酸限 | 269, 272 |
| 耐酸鑄鐵 | 295 |
| 耐アルカリ鑄鐵 | 298 |
| 炭素 | 201, 235, 295, 298 |
| 炭素塊 | 46 |
| 炭酸瓦斯 | 5, 7, 31, 37, 55, 91, 129, 144, 169 |
| 炭酸曹達 | 93, 112, 115, 120, 174~176, 179, 246, 339, 515 |
| 炭酸鐵 | 33 |
| 炭酸アンモニウム | 502 |
| 炭酸マグネシウム | 129, 169, 173, 339 |
| 炭酸カルシウム | 2, 129, 143, 169, 173, 338 |
| 炭酸バリウム | 175~176 |
| 炭酸水素ナトリウム | 100, 245 |
| 炭酸水素カルシウム | 175~176, 338 |
| 炭酸水素マグネシウム | 175~176, 339 |
| 炭坑水 (colliery water) | 170 |
| 単一立方格子 | 275 |
| 單極電位差 | 303 |
| 單結晶 | 306 |
| 體心立方格子 | 275, 432, 459 |
| 體心立方格子 | 459 |

| | |
|------------------|---------------|
| 多孔性 | 127 |
| 断面收縮率 | 280 |
| 弾性限以内の歪力 | 289 |
| 第一酸化鐵 | 2, 349 |
| 第一炭酸鹽 | 2 |
| 第一第二磷酸鐵鹽 | 355 |
| 第二酸化鐵 | 2, 349 |
| タンク油 (tung) | 150 |
| タロー油 (tallow) | 152 |
| タンクステン | 209, 421 |
| タンクステンの自由電子 | 188 |
| タンクステンの擴散 | 419 |
| タリウム | 304 |
| タンタル (の擴散) | 327, 418, 421 |
| タンニン酸 | 264, 516 |
| タンチロン (tantiron) | 265 |
| ターベンチン | 516 |
| ダニエル電池 | 301 |

チ

| | |
|-----------------|---|
| 窒素 | 55 |
| 窒化鐵 | 96 |
| 重クロム酸加里 | 24, 25, 98, 107, 109, 112, 123 |
| 鑄鐵 | 63, 67, 93, 117, 141, 142, 294~298, 469 |
| 鑄鐵の概念 | 469 |
| 鑄鐵の黒鉛化 | 141 |
| 鑄鐵管 | 143 |
| 受働態 | 107, 179~197 |
| 受働態を生成せしめる物質の添加 | 343 |
| 沈澱物の抵抗 | 318 |
| 中性溶液 | 395 |
| 地鐵 (ferrite) | 142, 441, 447, 448 |
| 超共析鋼 | 441, 449, 452, 453 |
| 超共晶銦 | 470 |
| 血 | 511 |
| チタニウム | 211, 421 |
| チタニウム銦鍍 | 371 |
| チアン化水素酸 | 498 |
| チアン化加里 | 100, 104, 246, 405~408 |
| チアン化水銀 | 503 |

| | | | |
|--|------------------------|---------------------------------------|--|
| チャイナクレ- (china clay) | 368 | 鉄炭素系の状態圖 | 435 |
| デュリロン (duriron) | 226, 265 | 天然水 | 168 |
| デルコニウム | 421 | 泥炭 (peat) | 174 |
| テ | | | |
| 抵抗性 (resistivity) | 4 | 滴下水銀電極 | 303 |
| 送送劑 (carrier) | 6 | テルピン | 373, 379 |
| 電解説 (electrolytic theory) | 9, 34 | δ 鐵 | 431 |
| 電解質 | 105 | δ 固溶體 | 43, 437 |
| 電解法 | 343 | differential aeration | 10, 156, 163 |
| 電解鐵 | 76, 305, 313, 413, 419 | differential aeration principle | 156 |
| 電解試験法 | 395 | ト | |
| 電解クロム | 413 | 透析 (dialysis) | 15 |
| 電離せる鐵原子 | 10, 156, 163 | 毒物 | 23 |
| 電離及酸素説 (ionisation and oxygen theory) .. | 34, 40 | 等水腐蝕濃度 | 100 |
| 電池 | 160 | 土壤 | 126, 130 |
| 電池の電動力 | 301, 303, 317 | 土壤の種類 | 131 |
| 電子 | 188, 196 | 土壤腐蝕 | 140 |
| 電子輸 | 189, 190 | 銅鋼 (copper bearing steel) | 79, 83, 85, 88, 117, 131 |
| 電圧 | 299, 304 | 銅 | 189, 210, 240, 271, 299, 304, 325, 330, 403, 474 |
| 電圧順 | 196, 301, 304 | 銅合金 | 264 |
| 電圧の測定 | 304 | 銅銀系合金 | 272 |
| 電磁抵抗 | 190~192 | 銅金系合金 | 276 |
| 電氣分解 | 14, 299, 313 | 銅の電動力 | 331 |
| 電氣的陽性被膜 | 381 | 銅鍍金 | 405 |
| 電氣的陰性被膜 | 381 | 特種元素 | 197 |
| 電氣鍍金 | 401 | 吐酒石 (tatar emetic) | 479 |
| 電氣抵抗 | 430, 493 | トマト | 504 |
| 電動力 | 301, 467 | トルエン | 516 |
| 電弧銲接法 | 485 | ナ | |
| 鐵筋 | 122 | 軟鋼 | 104, 138, 243, 247, 251, 258, 263, 413, 440, 494~497 |
| 鐵管 | 27, 130, 386 | 軟水 | 172 |
| 鐵管鍍金法 | 387 | 軟質金屬の鍍着 | 484 |
| 鐵の電圧 | 305 | 内部至 | 294 |
| 鐵鋼の豫備知識 | 429 | 鉛 | 304, 325 |
| 鐵鋼の物理冶金學 | 429 | ナトリウム | 304 |
| 鐵鋼中の不純物とその識別法 | 471 | | |
| 鐵滓 (slag) | 474, 480 | | |
| 鐵亞鉛系 | 389 | | |

| | | | |
|------------------------------|---|----------------------------------|-------------------|
| ニ | | 波來土燐化物の共晶 | 142 |
| 乳酸 | 498, 508 | 波來土セメンタイト | 447 |
| 肉汁 | 511 | 反應速度の影響 | 319 |
| 膠 | 514 | 白金電鍍白金極 | 324 |
| 二次的因子 | 13, 47, 105 | 白金の電氣抵抗 | 430 |
| 二變系 | 436 | 白鉄 | 64, 117, 469 |
| ニッケル | 197, 203, 216, 238, 271, 297, 304, 325, 330, 403, 455 | 白鉄の組織 | 470 |
| ニッケル陽極 | 332 | 馬力 | 328 |
| ニッケル鍍金 | 404 | 針金鍍金法 | 386 |
| ニッケル鋼 | 79, 83, 85, 88, 494, 495 | 灰鉄 | 67, 117, 419, 470 |
| ニッケル・クロム鋼 | 216~225, 238 | ハイボ | 504 |
| ニクロム (nichrome) | 79, 80, 83, 86, 88 | ハイドロキノロン | 313 |
| ニツフト油 (neatsfoot) | 151 | パラフィン | 48, 349, 355 |
| ニトロベンゼン | 323 | パラチウム | 327 |
| ネ | | パラチウム銅系合金 | 273 |
| 熱處理 | 230, 278, 291 | パラチウム金系合金 | 273 |
| 熱膨脹 | 430, 445, 463, 492 | パラチウム銀系合金 | 273 |
| 熱分析 | 469 | パームチット (permtite) | 342 |
| 熱傳導 | 493 | パーケライジング (parkerising) | 355 |
| 粘土 | 358~360 | バインアップル | 503 |
| 燃焼鋼 (burnt steel) | 451 | バルブ | 514 |
| 捻り試験の影響 | 281 | バクテリア | 31 |
| ネヂ切り (screw cutting) | 488 | バナチウム | 208, 421, 474 |
| ノ | | バッファーアクション (buffer action) | 128 |
| 濃淡電池 | 10, 51, 301, 309, 315 | バルボリン (valvolin) | 152 |
| 濃度分極 | 319 | ヒ | |
| ノイトラルアイゼン (neutralsen) | 265 | 砒素 | 23, 78 |
| ノンクロード (noncrode) | 481 | 砒素化合物の添加 | 343 |
| ノッチ (notch) | 281 | 砒素石鹼 | 375 |
| ハ | | 砒酸曹達 | 23, 344 |
| 半浸 (half immersion) | 50 | 比抵抗 | 467 |
| 半鹼水 | 145 | 比重 | 266, 492 |
| 半硬鋼 | 413, 419 | 比熱 | 493 |
| 發煙硫酸 (oleum) | 66, 520~521 | 表面積の影響 | 46 |
| 波來土 (pearlite) | 142, 446, 448, 458, 463, 469 | 表面水 (surface water) | 169 |
| | | 表面硬化 (case hardening) | 411 |
| | | 光 | 52, 377 |
| | | 水醋酸 | 264 |
| | | 脂肪酸 | 508 |

漂白粉(液) 502, 511
歪 278, 282, 288
非金屬的保護被膜を施す方法 346
非金屬性不純物 474
鋸打 (rivetting) 290, 480
微生物説 (biological theory) 31
ピッチング (pitting) 11, 120, 129, 158, 161, 345, 504
ピッチングファクター (pitting factor) 135
ピクリン酸 456, 504
ピクリン酸曹達 447~448
ピロガロール 353, 501
ピストル 392~394
ピール 502, 511
Pit 37, 42, 112, 128, 131, 310, 335

フ

腐蝕 3, 38, 97, 200, 278
腐蝕比 19, 57, 103, 155, 156, 219~226
腐蝕速度 45
腐蝕液 61, 234
風化 4
物質構造 13
物理條件 51
沸点上昇 15
不可逆性コロイド 16
不純物 75, 168, 200, 471
不乾性油 151, 231
不透明材料 359
不透明度 365
不変系 436
深さ 49
弗化水素酸 80, 498
噴砂法 118, 350, 355, 383, 423
分解電圧 313
分解壓 325
分極 316, 345
分極電圧 314, 316
分極電圧の測定 317
復極 322

吹付又はメタリコン法 392, 401
フェライト (地鉄を見よ)
フェリチアン化加里 33, 100, 104, 114, 289
フェロチアン化加里 33, 100, 104
フェロクロム 277, 412
フェオキシシ指示薬 113, 289
フェノールフタレン 91, 114, 289
フェノール 514
フェラディの常數 300
フォルマリン 593
プロトプラスマ (protoplasma) 33
プロシヤ藍 (prussian blue) 370
ブンゼンの吸収係數 106
ブリストーリング (blistering) 422~427
ブリネル硬度 (brinell) 465
ブレーヂング (brazing) 484
V. 2. A. 212

へ

偏析 (segregation) 4
偏析線 472
平爐鋼 (open hearth steel) 117, 131
平衡状態 270
變壓機用板 (transformer plate) 75
變態と原子配列 431
變態範圍 442
ベンキ 149, 363
ベンキの持つ必要欠くべからざる性質 364
ベンキ, ワニス, エナメルの剝離剤 381
ベツセマー鋼 (bessemer steel) 117, 131, 137
ベグタブル黒 (vegetable black) 357
ベネチアン赤 (venetian red) 369
ベンゼン 511
β 固溶體 271
β 麻留田 294, 459, 460, 466, 468
β 鐵 431, 433

ホ

防錆法 335
珪瑯と珪瑯引 358

保護被覆性 365
包晶線 436, 437
膨脹 408
硬砂 100, 104, 359~360
硼素酸硫酸曹達 358
硼酸 408
螢石 359~360
砲金 505
ポピー (poppy) 150
ポートランドセメント 376
ボイメ (Baumé) 65, 69, 354, 414, 417~421, 517~519, 522~526
ボイラー 124, 125, 168, 173~179, 337~346
ボルト・ナット 300
ボーン黒 (bone black) 367

マ

摩耗 (erosion) 3, 17
摩擦電流 158
麻留田 201, 231, 293, 450, 455, 458, 463
麻留田組織の安定化 293
麻留田の硬度と比容 458, 461
毎年浸蝕の深さ 28, 267
マグネシウム 25, 204
マンガン 67, 195, 206, 296, 304, 455, 472

ミ

明礬 97, 156, 247, 510
水の分解壓 324
水より重い溶液のボイメ度數と比重 517
水より軽い溶液のボイメ度數と比重 518
ミルク 503, 511

ム

無機炭 61
無機物及有機物の塗布 357
無水醋酸 502, 507
無水アンモニア 510

メ

迷走電流 (stray current) 5
綿實油 150, 151
面心立方格子 275, 432
メチルレーア (metillure) 265
メタリコン法 392, 401

モ

毛細管電位計 313
モネルメタル (monel metal) 79, 82, 83, 88, 148
モリブデン 208, 240, 421
モリブデンの揮散 416

ヤ

焼入 251, 291, 451
焼入温度 293, 451
焼入理論 457
焼入液 460
焼入鋼の焼戻 466
焼戻 232, 291, 464
焼戻炭素 291
焼戻温度 293, 451
焼戻色 347
焼戻に伴ふ組織の變化 465
焼鈍 234, 450, 484
焼割の理論 462
焼割線の形 463

ユ

油脂 125, 148
有機酸 264
有機物の燃焼による黒染法 351
幽線 (ghost) 472

ヨ

陽極 10, 16, 20, 57~167, 278, 289, 301~332, 314, 354, 392, 401~411
陽性コロイド 16
陽性被膜 381~383
陽イオン 13, 21, 290~332, 409
陽イオンの分離 328

| | |
|--------------------------------------|--------------------|
| 葉綠素 | 頁 31 |
| 溶解酸素 | 46, 335 |
| 溶媒 | 214 |
| 溶液の分解壓測定 | 316 |
| 溶液の抵抗 | 318 |
| 溶液の電解 | 328 |
| 熔融鹽 | 91 |
| 熔融亜鉛に浸す方法 (hot-dipping, galvanising) | 383 |
| 熔融錫に浸す方法 (tinning) | 400 |
| 熔接鋼管 | 157 |
| 熔接 | 485 |
| 熔劑 (flux) | 358, 373, 373, 400 |
| 沃度當量 | 149 |
| 沃度 | 503 |
| 沃度加里 | 100, 104 |
| 沃化ニッケル | 332 |
| 黝鉄鐵 (mottled pig iron) | 470 |

ラ

| | |
|----------------------|-----|
| 藍色 (turnbull's blue) | 239 |
| ラーF油 (lard) | 151 |
| ラヂウムの崩壊現象 | 193 |
| ランプ黒 (lamp black) | 367 |

リ

| | |
|--------------|---|
| 硫酸 | 42, 57, 62, 65, 67, 69, 78, 79, 154 175~176, 201~226, 238~244, 250, 267, 280 ~288, 292, 353, 417~421, 501, 509, 519 |
| 硫酸曹達 (ナトリウム) | 24, 26, 93, 98, 102, 102 112, 218, 515 |
| 硫酸加里 (カリウム) | 20, 21, 98, 102, 104, 156 |
| 硫酸カルシウム | 175~176, 340 |
| 硫酸アンモニウム | 104, 246, 502, 511 |
| 硫酸アルミニウム | 502 |
| 硫酸マグネシウム | 104, 143, 175~176, 246, 339, 502 |
| 硫酸鐵 | 57, 246, 502 |
| 硫酸銅 | 241, 299, 353, 502, 513 |

| | |
|------------------|-----------------------|
| 硫酸銅試験法 | 頁 394 |
| 硫酸と硫酸銅の混合作用 | 251~255 |
| 硫酸と硫酸第二鐵の混合作用 | 255~257 |
| 硫酸と硝酸の混合溶液 | 499 |
| 硫化水素 | 144 |
| 硫化ナトリウム | 100, 104, 143 |
| 硫化カリウム | 104, 143, 169 |
| 硫化マンガン | 472, 473, 477 |
| 硫化鐵 | 145, 473, 477 |
| 硫化物の識別法 | 473 |
| 磷酸 | 42, 89, 243, 263, 500 |
| 磷酸水素ナトリウム | 93, 100, 104, 175~176 |
| 磷酸水素アンモニウム | 100, 104, 246 |
| 磷酸鐵の磷酸水溶液 | 354~355 |
| 磷酸マンガン法 | 356 |
| 磷 | 65, 67, 212, 296, 472 |
| 磷青銅 | 505 |
| 臨界濃度 | 90, 97 |
| 臨界溶液 | 90, 100, 107 |
| 臨界範圍 | 412 |
| 量子軌道 | 195, 197 |
| 粒狀波來土 | 452 |
| 林檎 | 502 |
| 林檎酸 | 499 |
| リチウム | 304 |
| リンシード油 (linseed) | 150 |
| リソホン (lithopone) | 365, 369 |
| リサーチ (litharge) | 369 |

ル

| | |
|-----|--------|
| 坩堝銅 | 72, 83 |
|-----|--------|

レ

| | |
|---------------------|---------------------------------------|
| 鍊鐵 | 69, 79, 83, 85, 88, 93, 104, 131, 494 |
| レモン | 503 |
| レープ油 (rape) | 151, 152 |
| レッドレッド (red lead) | 370 |
| レスウオーク (lathe work) | 437 |

| | |
|------------------|----------|
| 露狀質 (suspensoid) | 頁 16, 28 |
| 露點 | 58 |
| 弧電電解 | 140 |

| | |
|---------------|-------|
| 鎮着 | 頁 383 |
| ワット砂 | 328 |
| ワニス (varnish) | 379 |

昭和五年一月十八日印刷
昭和五年三月五日發行

版權所有

| | |
|----|-----|
| 著者 | 發行者 |
| | |

鐵鋼の腐蝕と防錆の研究
定價金拾三圓

著者 遠藤彦造

東京市日本橋區大傳馬町二丁目十六
發行兼印刷者 內田作藏

發行所

內田老鶴園

東京市日本橋區大傳馬町二丁目
振替東京一二一四六番
電話浪花一八六五番

| | | | | | | | | |
|----------------|----------|----|---|----------|------|----------|--------|------|
| 工業物理學 | 電 | 子 | 辨 | 竹内時男著 | 一・三〇 | 新兵器花火の研究 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 四季の物理學 | (秋冬の卷) | | | 竹内時男著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 四季の物理學 | (春夏の卷) | | | 竹内時男著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 新原 | 子論講話 | | | 竹内時男著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 流體力學と翼並に水力機の理論 | | | | 池田芳郎共著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| より見たる | 音樂の原理 | | | 加藤誠郎共著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 最近化學上 | | | | 田邊尙雄著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 地 | 震學 | 汎論 | | 日下部四郎太著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 天文學 | 汎論 | | | 日下部四郎太著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 天 | 文學 | 汎論 | | 日下部四郎太共著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 解復習用 | 物理學 | | | 福井私城著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 物理學 | 精解下卷 | | | 福井私城著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 物理學 | 精解上卷 | | | 福井私城著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 於ける | 物理學の發展 | | | 三枝彦雄著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 最近に | | | | 本多光太郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 昭和 | 物理學詳解講義 | | | 本多光太郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 高等 | 物理學計算問題集 | | | 庄司彦六著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 物理學 | 大要 | | | 山田光雄著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 物理學 | 上卷力學・物性 | | | 川北清著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 彈性體及流體の力學 | | | | 玉城嘉十郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 質點及剛體の力學 | | | | 玉城嘉十郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| ベクトルとテンソル | | | | 山田光雄著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 電 | 子論 | | | 三枝彦雄著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 物理學 | 通論 | | | 本多光太郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 工業物理學 | 眞 | 空 | | 竹内時男著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 應用材料 | 料 | 強弱 | | 福田爲造著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 金 | 屬 | 總論 | | 濱住松二郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 近代の | 金屬材料 | | | 濱住松二郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 鐵鋼の腐蝕と防錆の研究 | | | | 遠藤彦造著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 鐵及鋼の研究第一卷 | | | | 本多光太郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 鐵及鋼の研究第二卷 | | | | 本多光太郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 鐵及鋼の研究第三卷 | | | | 本多光太郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 鐵及鋼の研究第四卷 | | | | 本多光太郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 東洋 | 鍊金術 | | | 近重眞澄著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 無機化學實驗法詳解 | | | | 村上武次郎共著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 增訂版 | 化學 | 話 | | 日本化學會編 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 改訂版 | 化學 | 本論 | | 片山正夫著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 高等無機化學の基礎 | | | | 永海佐一郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 近世無機化學講義 | | | | 塚本又三郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 近世有機化學講義上卷 | | | | 加納清三著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 近世有機化學講義下卷 | | | | 加納清三著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 實有有機化學上卷 | | | | 森山剛一郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 實有有機化學下卷 | | | | 森山剛一郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 新兵器毒ガスと煙 | | | | 森山剛一郎著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |
| 新兵器毒ガスと煙 | | | | 西澤男志智著 | 一・三〇 | 新兵器毒ガスと煙 | 西澤男志智著 | 一・三〇 |

27. 2. 9

83

83-492



1200501327947

12

終